

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

**М. Ю. Дерябина**

## ***МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ***

*Рекомендовано УМО вузов Республики Беларусь по образованию  
в области информатики и радиоэлектроники в качестве  
учебно-методического пособия для студентов учреждений,  
обеспечивающих получение высшего образования  
по направлению специальности  
«Информационные системы и технологии (в экономике)»*

Минск БГУИР 2011

УДК 006.91+620.11:006(076)

ББК 30.10+30ця73

Д36

**Р е ц е н з е н т ы :**

производственно-исследовательский отдел радиоэлектронных измерений  
Белорусского государственного института метрологии;

проректор по научной работе Академии управления при Президенте  
Республики Беларусь, доктор физико-математических наук В. А. Богуш

**Дерябина, М. Ю.**

Д36 Метрология, стандартизация и сертификация : учеб.-метод. пособие /  
М. Ю. Дерябина. – Минск : БГУИР, 2011. – 103 с.  
ISBN 978-985-488-516-2.

В пособии излагаются основы метрологии, стандартизации, сертификации измерительной техники в радиоэлектронике.

Предназначено для подготовки студентов специальности «Информационные системы и технологии (в экономике)».

Может быть полезно студентам других специальностей, а также специалистам инженерно-технического профиля.

**УДК 006.91+620.11:006(076)**

**ББК 30.10+30ця73**

**ISBN 978-985-488-516-2**

© Дерябина М. Ю., 2011

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2011

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АЦП – аналого-цифровой преобразователь  
ГМН – государственный метрологический надзор  
ГМС – государственная метрологическая служба  
ИИС – информационно-измерительная система  
ИКТ – информационно-коммуникационные технологии  
ИМ – измерительный механизм  
ИП – измерительный прибор  
ИС – измерительная система  
ИУ – измерительная установка  
КИС – компьютерно-измерительная система  
МА – метрологическая аттестация  
МК – метрологический контроль  
МО – метрологическое обеспечение  
МХ – метрологическая характеристика  
МЭИМ – магнитоэлектрический измерительный механизм  
НСПС – Национальная система подтверждения соответствия  
СИ – средство измерений  
СКО – среднеквадратическое отклонение  
СОЕИ – Система обеспечения единства измерений  
СТО – стандарты организации  
ТКП – технические кодексы установившейся практики  
ТКС – температурный коэффициент сопротивления  
ТНПА – технические нормативные правовые акты  
ТНД – технический нормативный документ  
Система ТНис – система технического норматирования и стандартизации  
ТУ – технические условия  
ФВ – физическая величина  
ЦАП – цифроаналоговый преобразователь  
ЭИМ – электромеханический измерительный механизм  
ЭМИМ – электромагнитный измерительный механизм  
ЭДИМ – электродинамический измерительный механизм

## ВВЕДЕНИЕ

Производство промышленной продукции сопровождается большим количеством всевозможных измерений. Подсчитано, что доля затрат на измерительную технику составляет не менее 15 % от затрат на оборудование в машиностроении и свыше 25 % – в радиоэлектронике, самолетостроении, химической промышленности и некоторых других отраслях. Кроме того, с учетом стремительного развития информационных технологий возникает необходимость в стандартизации и сертификации программных продуктов, а также в их метрологической аттестации.

## 1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

### 1.1 Основные термины и определения

**Метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и о способах достижения требуемой точности.

Метрология является теоретической основой измерений.

В метрологии, как в любой другой науке, недопустимо неоднозначное толкование терминов. Терминологию в области метрологии регламентирует СТБ П 8021-2003 «Метрология. Основные термины и определения» (РМГ 29 – 99).

Для каждого понятия установлен один стандартизированный термин.

В метрологии можно выделить три раздела: теоретическая, прикладная и законодательная метрология.

**Теоретическая метрология** – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии, куда входит развитие общей теории измерений и теории погрешностей; создание новых методов измерений и разработка способов исключения или уменьшения погрешностей; создание и совершенствование систем единиц физических величин; создание и совершенствование системы эталонов; создание и совершенствование научных основ передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений [1].

**Законодательная метрология** – раздел метрологии, относящийся к деятельности, направленной на обеспечение единства и необходимой точности измерений, требующей регламентации со стороны государства [1]. Сфера действия законодательной метрологии включает создание и совершенствование системы государственных стандартов, которые устанавливают правила, требования и нормы, определяющие организацию и методику проведения работ по обеспечению единства и точности измерений; организацию и функционирование соответствующей государственной службы, а также реализацию и проверку соблюдения государственных законодательных актов, касающихся метрологии и метрологических работ.

**Прикладная метрология** – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии [1].

Одним из основополагающих понятий в области метрологии является понятие **измерения** – совокупности операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины [1]. **Физическая величина (ФВ)** – это одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. При этом подразумевается, что выполнено требование **единства измерений** – состояния измерений, при котором их результаты выражены в единицах измерений, допущенных к применению в Республике Беларусь, и точность измерений находится в установленных границах с заданной вероятностью.

Организационные и правовые основы единства измерений в Республике Беларусь определяют Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. «Об обеспечении единства измерений» и Закон Республики Беларусь от 20 июля 2006 г. №163-3 «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», направленные на защиту прав и законных интересов граждан и государства от последствий неточных и неправильно выполненных измерений.

Законодательство Республики Беларусь об обеспечении единства измерений основывается на Конституции Республики Беларусь и состоит из этих законов, актов Президента Республики Беларусь и иных актов законодательства Республики Беларусь.

Основными принципами обеспечения единства измерений являются:

- приоритетное применение единиц измерений Международной системы единиц;
- применение национальных эталонов единиц величин;
- прослеживаемость результатов измерений до единиц измерений Международной системы единиц, воспроизводимых национальными эталонами единиц величин и (или) международными эталонами единиц величин;
- открытость и доступность информации в области обеспечения единства измерений, за исключением информации, отнесенной в установленном порядке к категории информации с ограниченным доступом;
- гармонизация национальных и международных требований об обеспечении единства измерений.

Государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений осуществляется Президентом Республики Беларусь, Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь и иными государственными органами.

Согласно законам, на территории Республики Беларусь применяются единицы измерений Международной системы единиц и внесистемные единицы

измерений, допущенные к применению в Республике Беларусь. При осуществлении внешнеторговой деятельности характеристики и параметры экспортируемых товаров могут быть выражены в единицах измерений, установленных договаривающимися сторонами.

**Единица измерения ФВ** – ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и применяемое для количественного выражения однородных с ней ФВ.

Как уже указывалось ранее, согласно Закону Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», для возможности сравнения результатов измерений, выполненных в разное время и в разных местах, в Республике Беларусь установлена Международная система единиц (СИ). Применение этой системы единиц регламентирует технический регламент ТР РБ 2007/003/ВУ «Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь».

Единицы измерения подразделяются на основные и производные.

**Основная единица** – единица основной ФВ в данной системе единиц.

**Производная единица** – единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами и уже определенными производными.

К применению принято семь основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кандела, Кельвин, моль) и 17 производных. К этому списку добавляются также угловые единицы – градус, радиан,стерадиан.

Важным является понятие **размерности ФВ** – выражения в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных ФВ в различных степенях и отражающего связь данной ФВ с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные, и с коэффициентом пропорциональности, равным единице.

Кроме основных и производных единиц, в радиотехнике широко применяется внесистемная единица **бел**, при помощи которой определяются относительные значения усиления, ослабления, нелинейных искажений, неравномерности характеристик. В целях оптимизации обозначений используется ее кратная единица **децибел** (дБ).

$$1\text{дБ} = 10\lg \frac{P_1}{P_2} \text{ при } \frac{P_1}{P_2} = 10^{1/10} = 1,259,$$

где  $P_1, P_2$  – одноименные энергетические величины (мощность, энергия).

$$1\text{дБ} = 20\lg \frac{U_1}{U_2} \text{ при } \frac{U_1}{U_2} = 10^{1/20} = 1,22,$$

где  $U_1, U_2$  – одноименные «силовые» величины (ток, напряжение, напряженность поля).

Для выражения количественного различия между одноименными величинами используют понятие **размера ФВ** – количественной определенности единицы ФВ, воспроизводимой или хранимой средством измерений. В связи с этим **целью измерения** является определение размера величины, причем результат измерения должен выражаться числом.

Значение нуля для ряда случаев является условным.

Выражение размера ФВ в виде некоторого числа принятых для него единиц называется **значением ФВ**.

Отвлеченное число, входящее в значение ФВ, называется **числовым значением ФВ**. В зависимости от размера выбранной единицы будет изменяться числовое значение ФВ, тогда как размер этой величины будет одним и тем же.

Требование соблюдения единой системы единиц ФВ предполагает выполнение условия **единообразия средств измерений** – состояния средств измерений, характеризующегося тем, что они проградуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства (и характеристики) соответствуют нормам.

## 1.2 Классификация измерений

Информация, полученная в процессе измерений, называется **измерительной**. Можно выделить следующие классификационные признаки измерений:

- способ получения измерительной информации;
- характер поведения измеряемой величины;
- способ выражения результатов;
- условия, определяющие точность измерений.

В зависимости от **условий, определяющих точность результата**, выделяют следующие виды измерений:

1) **измерения максимально возможной точности**, достижимой при существующем уровне техники:

- **эталонные измерения**, при проведении которых достигается максимально возможная точность воспроизведения размера ФВ;
- **измерения универсальных физических постоянных** (заряда электрона, скорости света и т. д.);
- **астрономические измерения**.

Границы погрешностей в данном случае рассчитываются по специальным методикам;

2) **контрольно-поверочные измерения** – измерения, погрешность которых не должна превышать некоторого заданного значения. Заданная точность обеспечивается применением специальных средств измерений (СИ), называемых рабочими эталонами, и специальных методик измерения;

3) **технические (рабочие) измерения**, в которых погрешность результата измерения определяется характеристиками СИ.

СИ, применяемые для этих измерений, называются **рабочими**.

**По способу получения измерительной информации** различают следующие виды измерений:

– **прямое измерение** – это измерение, при котором искомое значение ФВ получают непосредственно;

– **косвенное измерение** – определение искомого значения ФВ на основании результатов ее прямых измерений, функционально связанных с искомой величиной;

– **совокупные измерения** – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при прямых измерениях этих величин в различных сочетаниях;

– **совместные измерения** – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними.

**По способу выражения результатов** измерения подразделяются на абсолютные и относительные.

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

Результат измерений выражается непосредственно в единицах ФВ.

**Относительное измерение** – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Величина, полученная в результате относительных измерений, может быть или безразмерной, или выраженной в относительных логарифмических единицах (бел, октава, декада) и других относительных единицах.

**В зависимости от характера поведения измеряемой величины** различают статические и динамические измерения.

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

**Динамическое измерение** – измерение изменяющейся по размеру ФВ.

В свою очередь динамические измерения могут быть **непрерывными** (если технические средства позволяют непрерывно следить за значениями измеряемой величины) и **дискретными** (если значения измеряемой величины фиксируются только в отдельные моменты времени).

### **1.3 Классификация методов измерений**

Измерения базируются на определенных принципах.

Под **принципом измерения** понимают физическое явление или эффект, положенный в основу измерений.

**Метод измерений** – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой ФВ с ее единицей в соответствии с реализованным принципом.

Различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения.

**Метод непосредственной оценки** – метод измерения, при котором значения величины определяют непосредственно по показывающему устройству средства измерений. Иногда этот метод называют **методом прямого преобразования**.

**Метод сравнения** (с мерой) – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Метод сравнения имеет следующие модификации:

1) **нулевой метод** (компенсационный) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля;

2) **дифференциальный метод** – 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;

3) **метод совпадений** – метод, при котором разность измеряемой и известной величин измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов;

4) **метод противопоставления** – метод, при котором измеряемая и известная величины одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами.

В зависимости от метода измерений и свойств применяемых средств измерений все измерения могут выполняться либо с однократными, либо с многократными наблюдениями.

**Наблюдение** – операции, проводимые при измерении и имеющие целью своевременно и правильно произвести отсчет.

Результат наблюдения всегда имеет случайный характер.

Всякое измерение необходимо предварительно обдумать, составив план проведения измерений. В связи с этим в теории измерений вводится понятие **методики выполнения измерений** – совокупности правил и процедур выполнения измерений, которые обеспечивают получение результатов измерений, точность которых находится в установленных границах с заданной вероятностью [1]. Порядок проведения измерений определяется **алгоритмом измерения** – предписанием о порядке выполнения операций, обеспечивающих измерение искомого значения ФВ.

В процессе измерений или установки параметров источников сигналов оператор снимает отсчеты или показания.

**Отсчет** – это фиксация значения величины или числа по показывающему устройству измерительного прибора в заданный момент времени.

**Показание** – физическая величина, соответствующая отсчету. Показание получается в результате умножения отсчета на переводной множитель.

## 1.4 Классификация погрешностей

Любое измерение всегда выполняется с некоторой погрешностью, которая вызывается несовершенством средств и методов измерений, непостоянством условий наблюдения, недостаточным опытом экспериментатора и т. д.

**Погрешность результата измерения** – отклонение результата измерения  $X$  от истинного (действительного) значения измеряемой величины  $Q$ :

$$\Delta = X - Q.$$

**Истинное значение ФВ** – значение ФВ, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую ФВ. Так как истинное значение ФВ  $Q$  на практике чаще всего неизвестно, при расчетах применяют так называемое **действительное значение**  $X_d$  – значение ФВ, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

**В зависимости от характера проявления** погрешности имеют следующие составляющие:

1) **случайная погрешность** – составляющая погрешности результата измерения, измеряющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же ФВ;

2) **систематическая погрешность** – составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же ФВ;

3) **грубая погрешность (промах)** – погрешность результата отдельного измерения, которая при данных условиях существенно отличается от ожидаемой.

Все эти погрешности проявляются одновременно.

**В зависимости от характера влияния на результат измерения** различают следующие разновидности погрешностей:

1) **аддитивные** – погрешности, значения которых не зависят от значения измеряемой величины;

2) **мультипликативные** – погрешности, значения которых изменяются с изменением измеряемой величины.

И аддитивные, и мультипликативные погрешности могут быть и систематическими, и случайными.

**В зависимости от источника возникновения:**

– **методические**, возникающие из-за несовершенства методов измерений и обработки их результатов;

– **инструментальные (аппаратурные)**, определяющиеся погрешностями применяемых средств измерений;

– **внешние**, обусловленные отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормальных значений (температура, влажность, магнитные поля и т. д.);

– **субъективные (личные)**, обусловленные индивидуальными особенностями экспериментатора.

Количественно погрешность измерения может быть выражена в формах **абсолютной, относительной или приведенной погрешности**.

**Абсолютная погрешность** – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины:

$$\Delta = X - Q = X - X_{\text{д}}. \quad (1.1)$$

Однако поскольку истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, на практике можно найти лишь приближенную оценку погрешности измерения.

**Относительная погрешность** находится как отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, а если истинное значение измеряемой величины неизвестно, то приближенной оценкой относительной погрешности будет отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta}{Q} \cdot 100 \% \approx \frac{\Delta}{X_{\text{д}}} \cdot 100 \%. \quad (1.2)$$

Наряду с понятием «погрешность» широко применяется понятие «точность».

**Точность** – это характеристика качества измерений, отражающая близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Численно точность измерения находится как величина, обратная модулю относительной погрешности измерения:

$$\varepsilon = \frac{1}{|\delta|}. \quad (1.3)$$

Чем меньше относительная погрешность, тем выше точность, и наоборот.

**Приведенная погрешность** определяется отношением абсолютной погрешности измерения к некоторому нормирующему значению, которое является постоянной величиной для данного измерительного прибора (например пределу измерения):

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 \%. \quad (1.4)$$

## 1.5 Случайные погрешности и обработка результатов наблюдений

### 1.5.1 Распределения случайных величин и их числовые характеристики

Вследствие того что результат измерения  $X$  содержит случайную погрешность  $\Delta$ , он сам является случайной величиной.

Основной характеристикой случайной величины является **функция распределения вероятностей**, которая устанавливает связь между возможными значениями случайной величины и вероятностями их появления при многократных измерениях.

Существуют две формы представления этой функции: интегральная и дифференциальная.

**Интегральной функцией распределения** результатов наблюдений является функция  $F(X)$  – вероятность того, что результат наблюдения  $X$  окажется меньше некоторого текущего значения  $x$ :  $F(X) = P\{X < x\}$ .

Это положительная неубывающая функция (рисунок 1.1).

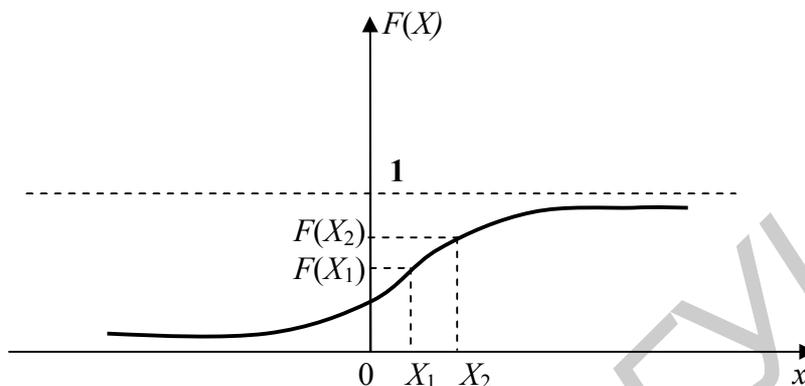


Рисунок 1.1 – Интегральная функция распределения результатов наблюдений

**Основное свойство этой функции** заключается в следующем: вероятность того, что случайная величина принимает значения в интервале  $\{X_1, X_2\}$ , равна разности значений функции на концах интервала:

$$P\{X_1 \leq x \leq X_2\} = F(X_2) - F(X_1). \quad (1.5)$$

Если обозначить приращение как  $X_2 - X_1 = \Delta X$ , то одинаковым приращениям  $\Delta X$  соответствуют различные значения приращения вероятности  $\Delta F(X)$ . В связи с этим можно ввести понятие плотности распределения вероятностей случайной величины, **или плотности вероятностей**, которая будет иметь следующий вид:

$$f(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta F(x)}{\Delta x} = \frac{dF(x)}{dx} = F'(x). \quad (1.6)$$

Это дифференциальная форма представления функции распределения вероятностей  $F(x)$ .

В интегральной форме

$$F(x) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx. \quad (1.7)$$

Вероятность попадания случайной величины в интервал  $\{x_1, x_2\}$  будет равна интегралу от плотности распределения вероятностей:

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx . \quad (1.8)$$

Функции распределения достаточно полно могут быть определены своими числовыми характеристиками, к которым относятся начальные и центральные моменты.

Начальным моментом 1-го порядка является математическое ожидание случайной величины:

$$\hat{m}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1.9)$$

где  $n$  – количество наблюдений.

В большинстве случаев начальный момент 1-го порядка совпадает с истинным значением измеряемой величины.

Применительно к измерениям центрированная случайная величина будет случайной погрешностью:

$$\Delta = X - \hat{m}_x = X - Q. \quad (1.10)$$

Оценка математического ожидания будет состоятельной, несмещенной и эффективной оценкой истинного значения физической величины.

**Состоятельной** называют оценку, которая приближается к истинному значению измеряемой величины при  $n \rightarrow \infty$ .

**Несмещенной** называется оценка, математическое ожидание которой равно истинному значению оцениваемой величины.

**Эффективной** является несмещенная оценка, для которой дисперсия минимальна.

Центральный момент  $k$ -порядка – математическое ожидание  $k$ -й степени центрированной случайной величины (т. е. разности между значением случайной величины и ее математическим ожиданием).

Центральным моментом 2-го порядка будет дисперсия результатов наблюдений:

$$\hat{D}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{m}_x)^2. \quad (1.11)$$

Это рассеяние результатов наблюдений относительно математического ожидания. Недостаток такого представления погрешности измерения заключается в том, что она имеет размерность квадрата измеряемой величины. Поэтому на практике используют значение среднеквадратического отклонения (СКО) результата измерения:

$$\sigma_x = \sqrt{\hat{D}_x}. \quad (1.12)$$

В отличие от результатов измерения, числовые характеристики функции распределения являются детерминированными, а не случайными. Следовательно, чтобы найти точные значения, необходимо произвести бесконечно большое число наблюдений. Отсюда возникает задача определения приближенных значений, полученных в некотором количестве независимых наблюдений. В математической статистике такие приближенные значения, выраженные одним числом, называются **точечными оценками**. Любая точечная оценка, вычисленная на основе опытных данных, представляет собой случайную величину, зависящую от самого оцениваемого параметра и от числа опытов. Распределение оценки зависит от распределения исходной случайной величины.

### *1.5.2 Оценка погрешностей результатов прямых измерений с многократными наблюдениями*

Приемы оценки случайных погрешностей устанавливает ГОСТ 8.207 – 76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».

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 СИ и (или) в различных условиях.

Рассмотрим **алгоритм оценки погрешностей равноточных наблюдений**.

Пусть имеется выборка из  $n$  измеряемых величин  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Результаты измерений содержат только случайные погрешности. Требуется найти оценку истинного значения измеряемой величины и погрешность измерения в данной выборке.

При симметричных законах распределения вероятностей истинное значение измеряемой величины совпадает с ее математическим ожиданием, а оценкой математического ожидания является среднее арифметическое результатов отдельных наблюдений:

$$\hat{m}_x = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (1.13)$$

Если известно математическое ожидание случайной величины, то СКО результатов наблюдений

$$\hat{\sigma}_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1.14)$$

Проверить результаты наблюдений на наличие грубой погрешности можно следующим образом.

Если

$$|x_i - \bar{x}| \geq 3 \hat{\sigma}_x, \quad (1.15)$$

то данный результат содержит грубую погрешность и должен быть исключен.

Полученная выше оценка истинного значения измеряемой величины  $X$  является случайной величиной, рассеянной относительно среднего значения. СКО результата измерения будет иметь следующий вид:

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}_x}{\sqrt{n}}. \quad (1.16)$$

Эта величина характеризует рассеяние среднего арифметического значения  $\bar{x}$  результатов  $n$  наблюдений измеряемой величины относительно ее истинного значения и является точечной оценкой. Она всегда будет приближенной, так как получена на основании ограниченного числа наблюдений. Кроме того, в ней не содержится никаких сведений о вероятностях этой оценки.

На практике переходят к так называемым интервальным оценкам, связанным с определением доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

**Доверительные границы** – наибольшее и наименьшее значения погрешности измерения, ограничивающие интервал, внутри которого с заданной вероятностью находится искомое (истинное) значение погрешности результата измерения:

$$\Delta = t \cdot \hat{\sigma}_{\bar{x}}, \quad (1.17)$$

где  $t$  – коэффициент, зависящий от вида распределения случайных величин, количества наблюдений и доверительной вероятности.

Доверительная вероятность – это вероятность того, что результат измерения находится в интервале от  $(\bar{x} - \Delta)$  до  $(\bar{x} + \Delta)$ . Для небольшого количества наблюдений ( $n \leq 15$ ) применяют нормальное распределение результатов измерений, в теории погрешностей называемое распределением Стьюдента, а коэффициент  $t$  при этом носит название коэффициента Стьюдента. Распределение Стьюдента позволяет получить обоснованные статистические результаты из небольшой выборки.

При количестве наблюдений  $n > 15$  необходимо проверить принадлежность результатов к нормальному распределению путем применения специальной методики.

При неизвестной функции распределения или невозможности проверки принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению рекомендуется  $t$  для расчета доверительных границ определять исходя из нормального распределения.

Значение доверительной вероятности принимают равным 0,95. В тех случаях, когда измерение нельзя повторить, помимо границ, соответствующих  $P_d = 0,95$ , допускается указывать границы для  $P_d = 0,99$ .

При оценке случайных погрешностей **неравноточных наблюдений** оцениваются средние значения и СКО различных групп независимых наблюдений одной и той же величины. За результат измерения принимается оценка измеряемой величины по данным всех групп наблюдений, а погрешность определяется с учетом весовых коэффициентов, обратно пропорциональных дисперсиям групп наблюдений.

### 1.5.3 Оценка погрешности результата косвенных измерений

За результат косвенного измерения принимается величина  $\bar{Q}$ , представляющая собой функцию от средних значений аргументов физических величин, входящих в формулу:

$$\bar{Q} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m). \quad (1.18)$$

Переменные  $x_i$  являются результатами прямых измерений. Составляющими погрешности результата косвенного измерения будут так называемые **частные случайные погрешности**, учитывающие вклад каждой переменной, входящей в формулу

$$\hat{E}_{\bar{x}_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} \hat{\sigma}_{\bar{x}_i}, \quad (1.19)$$

где  $\hat{\sigma}_{\bar{x}_i}$  – оценки СКО результата прямого измерения  $i$ -й величины.

СКО результата косвенного измерения находится по формуле

$$\hat{\sigma}_{\bar{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \hat{E}_{\bar{x}_i}^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1, i \neq j}^m \hat{E}_{\bar{x}_i} \hat{E}_{\bar{x}_j} \hat{R}_{ij}}, \quad (1.20)$$

где  $\hat{R}_{ij}$  – коэффициент корреляции, показывающий степень статистической связи между частными случайными погрешностями результата измерения.

Коэффициент корреляции изменяется в интервале от  $-1$  до  $+1$ . В случае, когда  $\hat{R}_{ij} = 0$ , частные случайные погрешности считаются некоррелированными. При  $\hat{R}_{ij} < 0$  имеет место отрицательная корреляция (при возрастании одной частной случайной погрешности другая убывает), при  $\hat{R}_{ij} > 0$  – положительная корреляция (при возрастании одной частной случайной погрешности вторая также возрастает). Коэффициент корреляции рассчитывается по формуле

$$\hat{R}_{ij} = \frac{1}{(n-1)\hat{\sigma}_{\bar{x}_i}\hat{\sigma}_{\bar{x}_j}} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j), \quad (1.21)$$

где  $n$  – наименьшее из числа наблюдений  $x_{ik}$  и  $x_{jk}$ .

Для нахождения доверительного интервала при количестве наблюдений меньше 30 необходимо определить так называемое число степеней свободы:

$$n_{\text{эфф}} - 1 = \frac{\left( \sum_{i=1}^m \hat{E}_{\bar{x}i} \bar{\delta}_{\bar{x}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{n_i - 1} \hat{E}_{\bar{x}i}^2 \bar{\delta}_{\bar{x}i}^2}, \quad (1.22)$$

где  $\hat{\delta}_{\bar{x}i} = \frac{\hat{\sigma}_{\bar{x}i}}{\bar{X}}$  – относительное среднеквадратическое отклонение результата измерения.

Коэффициент Стьюдента  $t$  находится из таблиц для заданной доверительной вероятности  $P_d$  и эффективного числа степеней свободы  $n_{\text{эфф}} - 1$ . Если эффективное число степеней свободы получилось дробным, необходимо провести линейную интерполяцию. Интерполяционная формула в данном случае имеет вид

$$t = \frac{(t_2 - t_1) \cdot (n_{\text{эфф}} - 1) + [t_1(n_2 - 1) - t_2(n_1 - 1)]}{(n_2 - 1) - (n_1 - 1)}. \quad (1.23)$$

Умножая коэффициент Стьюдента  $t$  на СКО результата косвенного измерения, получают доверительный интервал:

$$\overset{\circ}{\Delta} = t \cdot \hat{\sigma}_{\bar{Q}}. \quad (1.24)$$

С учетом весовых коэффициентов частные случайные погрешности по-разному влияют на величину суммарной погрешности косвенного измерения. Некоторые из них могут быть заметно меньше других и при округлении не будут оказывать заметного влияния на доверительные границы. Такие частные погрешности называются ничтожно малыми (ничтожными). Погрешность считается ничтожной, если она изменяет суммарную погрешность не более чем на 5 %. Это условие выполняется при соблюдении следующего критерия:

$$\hat{E}_k < 1/3 \hat{\sigma}_{\bar{Q}}. \quad (1.25)$$

Использование критерия ничтожных погрешностей косвенных измерений позволяет найти те величины, повышение точности измерения которых позволит уменьшить суммарную погрешность результата измерений, и те величины, повышать точность измерения которых не имеет смысла.

## 1.6 Систематические погрешности измерения

### 1.6.1 Классификация и обнаружение систематических погрешностей

**Систематическая погрешность** – погрешность, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

Иными словами, систематическими называются погрешности, не изменяющиеся с течением времени или являющиеся не изменяющимися во времени функциями определенных параметров.

Их **отличительным признаком** является то, что они могут быть предсказаны и, следовательно, почти полностью устранены введением соответствующих поправок.

Систематические **аддитивные** погрешности могут возникать, например, от постороннего груза на чашке весов, неточности установки нуля перед измерением, термоЭДС в цепях постоянного тока.

Появление систематических **мультипликативных** погрешностей может быть вызвано изменением коэффициента усиления усилителя, жесткости пружины прибора, опорного напряжения в цифровом вольтметре.

**В зависимости от причин возникновения** систематические погрешности делятся на:

- инструментальные, обусловленные старением деталей, деформациями, разрядкой источников питания и т. д. Они определяются погрешностью средства измерений;

- методические, обусловленные несовершенством метода измерений;

- внешние, вызванные изменением внешних условий (температуры, атмосферного давления, влажности воздуха, электрических и магнитных полей);

- личные, вызванные личными особенностями экспериментатора.

Особенностью инструментальных систематических погрешностей является то, что они могут быть скорректированы лишь в данный момент времени, а далее вновь непрерывно возрастают и требуют повторения коррекции.

**По характеру проявления** можно выделить следующие группы систематических погрешностей:

- постоянные, которые в процессе измерения не изменяют величину и знак, внешне никак себя не проявляют и долгое время остаются незамеченными. Единственный способ их избежать – проведение периодической поверки приборов;

- переменные, которые или монотонно изменяют свою величину (**прогрессирующие** погрешности), или изменяются периодически (**периодические**).

Наличие систематических погрешностей искажает результаты измерений. Их отсутствие определяет **правильность измерений (средств измерений)**.

**Правильность измерений (средств измерений)** – качество измерений (средств измерений), отражающее близость к нулю систематической погрешности.

Основную трудность представляет обнаружение систематических погрешностей и определение их величины и знака. Для этого необходимо проводить специальные экспериментальные исследования. Разработаны также специальные методики измерений, позволяющие исключить возникновение этих погрешностей или устранить их влияние на результат измерений. Уменьшение или исключение систематических погрешностей измерений проводят как при подготовке к проведению измерений (путем установки нулей, калибровки, прогрева приборов, экранирования), так и в процессе измерений, используя способы замещения, компенсации погрешности по знаку, симметричных на-

блюдений и способ рандомизации. При обработке результатов измерений могут быть исключены систематические погрешности с известными значениями и знаками. Для этого в неисправленный результат наблюдений вводятся **поправки** или **поправочные множители**, которые определяются при поверке или специальных исследованиях.

### 1.6.2 Суммирование неисключенных систематических погрешностей

Систематические погрешности, которые остаются в результатах измерения после проведения операций обнаружения, оценки и исключения, называются **неисключенными систематическими погрешностями**.

При определении границ результирующей неисключенной систематической погрешности ее отдельные составляющие рассматриваются как случайные величины. Если известно, что распределение составляющих неисключенной систематической погрешности нормальное, то суммарная систематическая погрешность рассчитывается следующим образом:

$$\Delta_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}, \quad (1.26)$$

где  $m$  – количество неисключенных систематических погрешностей;

$\Delta_{ci}$  – значение неисключенной составляющей систематической погрешности.

Если данных о виде распределения нет, то

$$\Delta_c = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}. \quad (1.27)$$

При  $P_d = 0,95$  коэффициент  $k = 1,1$ . При  $P_d = 0,99$   $k$  зависит от числа неисключенных систематических погрешностей  $m$ . Если  $m > 4$ , то  $k = 1,4$ . При  $m \leq 4$  поступают следующим образом. Находят отношение  $l = \Delta_{ci}' / \Delta_{ci}''$ , где  $\Delta_{ci}'$  – составляющая систематической погрешности, наиболее отличающаяся по своему значению от остальных;  $\Delta_{ci}''$  – составляющая систематической погрешности, по своему значению наиболее приближающаяся к  $\Delta_{ci}'$ . Затем по графику зависимости  $k$  от  $l$  находят значение  $k$ .

При косвенных измерениях неисключенные систематические погрешности являются частными неисключенными систематическими погрешностями косвенного измерения и находятся следующим образом:

$$\Delta_{c \bar{Q}_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} \Delta_{c x_i}. \quad (1.28)$$

## 1.7 Оценка суммарной погрешности результата измерения

Если известны доверительные границы случайной погрешности измерения  $\Delta$  и доверительные границы систематической погрешности измерения  $\Delta_c$ , то необходимо проверить, не является ли какая-либо из этих составляющих настолько малой, чтобы можно было ее исключить. Для этого находят отношение

$$R = \frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}}} \quad (1.29)$$

Если  $R < 0,8$ , то пренебрегают систематической составляющей, и тогда

$$\Delta = \Delta \quad (1.30)$$

Если  $R > 8$ , то пренебрегают случайной составляющей погрешности, и

$$\Delta = \Delta_c \quad (1.31)$$

Если  $0,8 \leq R \leq 8$ , то нельзя пренебречь ни систематической, ни случайной составляющими погрешности измерения, и тогда доверительные границы результирующей погрешности измерения находятся следующим образом:

$$\Delta = k_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma}, \quad (1.32)$$

где

$$k_{\Sigma} = \frac{\Delta + \Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}} + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2}} \quad (1.33)$$

и зависит от соотношения случайной и систематической составляющих;

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_{ci}^2}{3} + \hat{\sigma}_{xi}^2} \quad (1.34)$$

оценка суммарного СКО результата измерения;

$m$  – количество неисключенных систематических погрешностей.

## 1.8 Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями

Для оценки погрешностей однократных наблюдений не требуется статистической обработки, что значительно упрощает процедуру. Перед измерением оценивают ожидаемую погрешность, используя предварительные данные об

измеряемой величине, применяемых методе и средствах измерений, а также об условиях проведения измерений. Для априорной оценки ожидаемой погрешности рекомендуют использовать следующий алгоритм.

1. Проводится анализ составляющих погрешности результата измерения по источникам возникновения. Методические погрешности оцениваются на основании изучения теоретических зависимостей, описывающих объект и метод измерений, либо экспериментальным путем при измерении одной и той же величины различными методами. Инструментальные и внешние погрешности находят из данных об основных и дополнительных погрешностях применяемых средств измерений. Субъективные погрешности оценивают экспериментальным путем. При этом оценка систематических погрешностей задается их границами, а случайных – значениями СКО.

2. Исключаются систематические погрешности, а неисключенные суммируются для определения границ неисключенной систематической погрешности  $\Delta_c$ .

3. Оценивается СКО результата измерения (для прямых измерений  $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ , для косвенных –  $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$ ). При этом при оценке СКО результата косвенного измерения предполагается, что частные случайные погрешности не коррелированы.

4. Находятся доверительные границы случайной погрешности  $\Delta$ . Для доверительной вероятности 0,95 коэффициент Стьюдента принимают равным 2, а для  $P_d = 0,99$  – равным 2,6.

5. Проводится оценка доверительных границ ожидаемой суммарной погрешности результата измерения. Для этого находят величину  $\mu = \frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}}}$  для пря-

мых измерений или  $\mu = \frac{\Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{Q}}}$  для косвенных измерений.

Если  $\mu < 0,5$ , то пренебрегают систематической составляющей погрешности. Если  $\mu > 8$ , пренебрегают случайной составляющей погрешности. Если  $0,5 \leq \mu \leq 8$ , то результирующая погрешность для прямых измерений будет

равна  $\Delta = 0,8(\Delta_c + \Delta)$ , для косвенных –  $\Delta = \sqrt{\Delta_c^2 + \Delta^2}$ .

### 1.9 Формы представления результатов измерений

Результат измерения записывают по одной из форм, представленных в МИ 1317 – 86 МУ «ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерения. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров»:

– если погрешность измерений выражается доверительным интервалом от  $\Delta_H$  до  $\Delta_B$ :

$A: \overset{\circ}{\Delta}$  от  $\overset{\circ}{\Delta}_H$  до  $\overset{\circ}{\Delta}_B$ ;  $P_d = \dots$ ,  
где  $A$  – результат измерения;

– при одинаковых числовых значениях  $\overset{\circ}{\Delta}_H$  и  $\overset{\circ}{\Delta}_B$ :

$$X = (A \pm \overset{\circ}{\Delta}); P_d = \dots$$

Если полученное значение  $\Delta$  оказалось больше допускаемой погрешности  $\Delta_d$ , необходимо либо обратиться к другому методу измерения, либо заменить средство измерений (или уточнить его метрологические характеристики), либо изменить условия измерений. Если  $\Delta < \Delta_d$ , установленная процедура обеспечивает получение результата с требуемой точностью.

### 1.10 Контрольные задания

1 Напряжение участка цепи определялось по результатам шести измерений (44 В; 45 В; 40 В; 39 В; 43 В). Оценить среднеквадратическое отклонение результата измерения напряжения.

2 Определить сопротивление цепи, состоящей из 12 резисторов трех различных номиналов, причем  $R = 2R_1 + 4R_2 + 6R_3$ . Для резисторов каждого номинала известны значения сопротивления и СКО результатов измерений (при доверительной вероятности 0,95):

$$R_1 = 100,00 \text{ кОм} \quad \hat{\sigma}_{R_1} = 0,03 \text{ кОм},$$

$$R_2 = 10,00 \text{ кОм} \quad \hat{\sigma}_{R_2} = 0,02 \text{ кОм},$$

$$R_3 = 1,00 \text{ кОм} \quad \hat{\sigma}_{R_3} = 0,001 \text{ кОм}.$$

Частные случайные погрешности не коррелированы. Оценить случайную погрешность измерения сопротивления с однократными наблюдениями.

3 Мощность, потребляемая нагрузкой, измерялась косвенно и рассчитывалась по формуле  $P = I^2 R$ . Границы неисключенных систематической погрешности измерения силы тока  $\Delta_{C1} = 0,10$  мА, сопротивления  $\Delta_{C2} = 0,15$  Ом. Оценить суммарную систематическую погрешность измерения мощности с доверительной вероятностью 0,99.

4 Определить резонансную частоту колебательного контура и доверительные границы суммарной погрешности ее измерения, если известны частота контура 154,01 кГц, СКО результата измерения частоты 0,95 кГц, границы неисключенной систематической погрешности измерения частоты 1,05 кГц. Доверительная вероятность 0,95, количество измерений  $n=35$ . Ре-

резонансная частота колебательного контура определялась по формуле Томсона  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ .

## 2 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

### 2.1 Структура метрологического обеспечения в Республике Беларусь

Для организации обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений в Республике Беларусь создана **государственная метрологическая служба (ГМС)** – совокупность организационно и (или) функционально связанных между собой юридических лиц, их структурных подразделений либо структурное подразделение юридического лица, деятельность которых направлена на обеспечение единства измерений. Эти органы осуществляют надзор за состоянием средств измерений и обеспечивают передачу размера единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений.

Главной задачей метрологической службы является создание в стране таких условий для метрологической деятельности, которые сведут к минимуму вероятность получения недостоверных результатов измерений и вычислений.

Установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства измерений и единообразия средств измерений, определяют как **метрологическое обеспечение (МО)**.

Научной основой метрологического обеспечения является метрология. Техническую основу метрологии составляют:

- система государственных эталонов единиц физических величин, обеспечивающая воспроизведение единиц с наивысшей точностью;
- система передачи размеров единиц ФВ от эталонов к рабочим средствам измерений;
- система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих средств измерений, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик продукции;
- система государственных испытаний средств измерений, предназначенных для серийного и массового производства;
- система обязательной государственной и ведомственной поверки или метрологической аттестации средств измерений, обеспечивающая их единообразие при изготовлении, эксплуатации и ремонте;
- система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;

– система разработки, стандартизации и аттестации методик выполнения измерений.

Кроме того, в связи с интенсивным развитием информационных технологий актуальной становится задача метрологического обеспечения программных продуктов и вычислительных средств.

Решение указанных задач осуществляется органами метрологической службы, входящими в структуру **Системы обеспечения единства измерений (СОЕИ)** – совокупности законодательных актов, положений, правил и норм, технических средств, органов и служб, применение и деятельность которых направлены на поддержание единства и требуемой точности измерений в стране.

Структура метрологической службы Республики Беларусь представлена на рисунке 2.1.

На различных этапах жизненного цикла технического устройства его метрологическое обеспечение имеет ряд общих и самостоятельных задач. К ним можно отнести исследование параметров для определения требований к качеству; выбор средств измерений; определение метода измерения и контроля физических величин; поверка применяемых средств измерений; надзор за соблюдением на предприятии утвержденных методик измерения и контроля; проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации; надзор за состоянием средств измерений и за соблюдением сроков их поверки; внедрение новых типов средств измерений и контроля.

Существующая система МО измерений опирается на комплекс стандартов СОЕИ (в межгосударственных стандартах – ГСИ). В эту систему входят стандартизация терминов и определений в области метрологии; единицы ФВ, нормы точности измерений и формы представления результатов измерений, нормируемые метрологические характеристики средств измерений, государственные эталоны и поверочные схемы, методы и средства поверки средств измерений, организация и порядок проведения государственных испытаний, поверки и метрологической аттестации средств измерений. В задачи метрологической службы в этой связи входит осуществление метрологического надзора и контроля за выполнением метрологических правил и норм, а также создание комплекса стандартов СОЕИ и контроля за выполнением их требований, пресечение нарушений метрологических правил и норм, принятие мер по устранению этих нарушений.

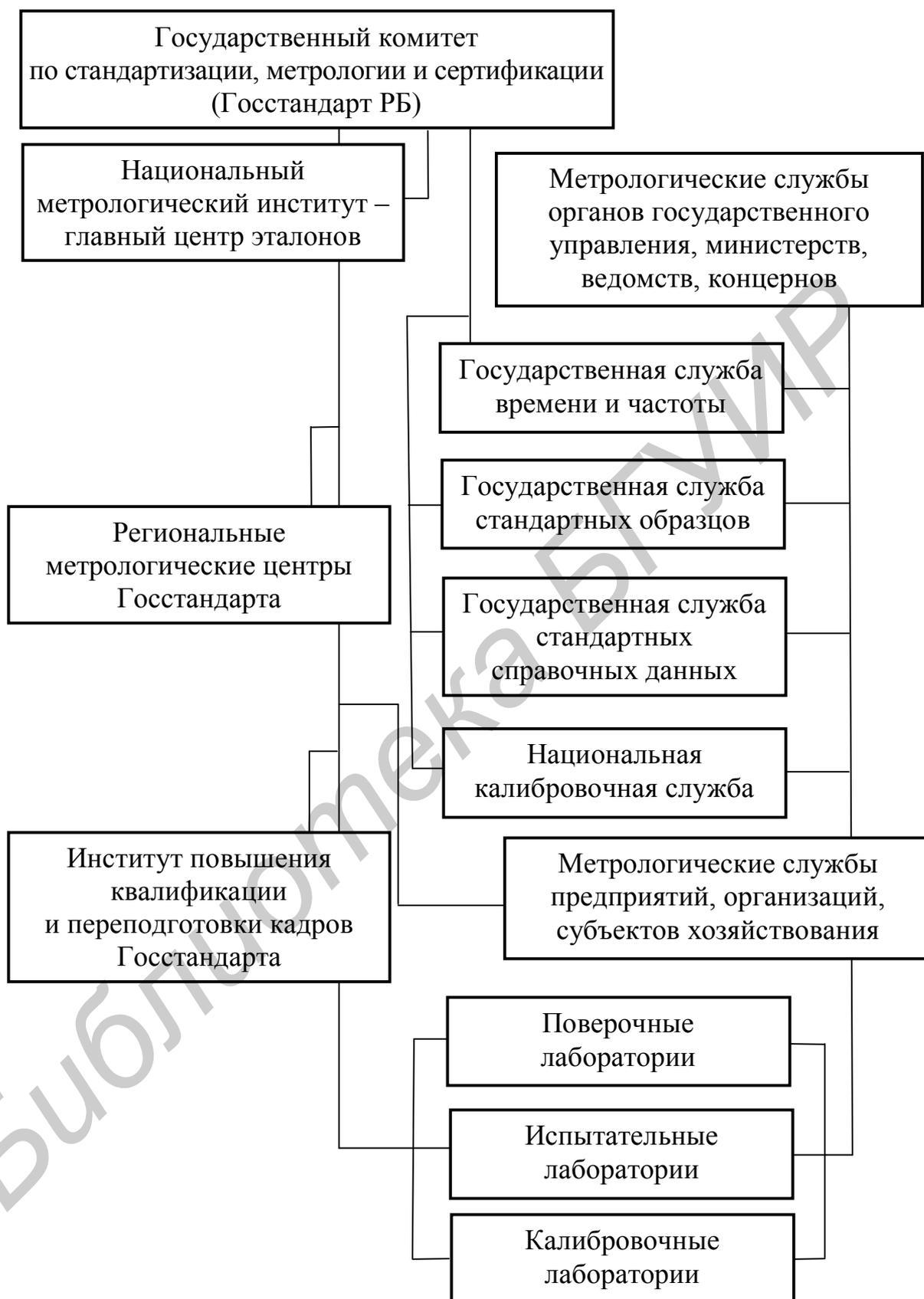


Рисунок 2.1 – Структура метрологической службы Республики Беларусь

Ответственность за правильность, своевременность и полноту МО технических устройств возлагается на потребителей (заказчиков).

Деятельность органов ГМС регламентируется СТБ 8006-95 «СОЕИ РБ. Государственный метрологический надзор и метрологический контроль. Основные положения».

Существует два вида контроля за выполнением метрологических правил и норм: **государственный метрологический надзор и метрологический контроль.**

**Государственный метрологический надзор (ГМН)** – деятельность органов Государственной метрологической службы (ГМС) по проверке соблюдения установленных метрологических правил и норм.

ГМН проводится применительно к единицам измерений; средствам измерений; методикам выполнения измерений; результатам измерений; субъектам хозяйствования, которые в соответствии с установленным порядком должны иметь разрешение Госстандарта на право производства, ремонта, поверки, калибровки, продажи и проката средств измерений; к лицам, осуществляющим измерения, а также другим объектам, к которым предъявляются метрологические требования, имеющие обязательную силу.

К сфере действия ГМН относятся следующие виды деятельности:

- проведение торговых операций и взаимных расчетов между покупателем и продавцом, в том числе операций с применением игровых автоматов и устройств;
- диагностика и лечение заболеваний человека и животных;
- контроль медикаментов;
- контроль за состоянием окружающей среды;
- проведение государственных учетных операций;
- контроль безопасности и условий труда;
- учет, хранение, перевозка и уничтожение токсичных, легковоспламеняющихся, взрывчатых и радиоактивных веществ;
- проведение геодезических и гидрометеорологических операций;
- обеспечение обороны государства;
- проведение банковских, налоговых, таможенных и почтовых операций;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения ее соответствия обязательным требованиям стандартов Республики Беларусь;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- контроль всех видов сырья и продуктов питания;
- проведение испытаний, поверка, калибровка, метрологическая аттестация, ремонт, продажа и прокат средств измерений;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Республики Беларусь;
- измерения, результаты которых служат основанием для регистрации национальных и международных спортивных рекордов.

В Республике Беларусь установлены следующие виды ГМН [5]:

– **государственные испытания средств измерений** – испытания образцов средств измерений с целью утверждения типа средства измерений или подтверждения их соответствия указанному типу. Государственные испытания проводят государственные научные метрологические центры, аккредитованные Госстандартом в качестве государственных центров испытаний средств измерений, в соответствии с СТБ 8001-93 «СОЕИ РБ. Государственные испытания средств измерений. Основные положения. Организация и порядок проведения»;

– **утверждение типа средств измерений** – решение (уполномоченного на это органа государственного управления) о признании типа средства измерений законным для применения на основании результатов его испытаний государственным научным метрологическим центром или другой специализированной организацией, аккредитованной Госстандартом страны. Решение об утверждении типа принимается Госстандартом в соответствии с СТБ 8001-93 и удостоверяется выдачей сертификата об утверждении типа средства измерений;

– **метрологическая аттестация средств измерений (МА СИ)** – исследование средства измерений, выполняемое в установленном порядке органом ГМС либо юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем для установления метрологических свойств этого средства измерений и выдача документов с указанием полученных данных. МА проводится для вновь разрабатываемых средств измерений в соответствии с СТБ 8004-93 «СОЕИ РБ. Метрологическая аттестация средств измерений».

Метрологической аттестации подлежит либо *тип средства измерений* (для серийно разрабатываемых приборов), либо *отдельные экземпляры средств измерений* (для нестандартных приборов). Метрологической аттестации могут подлежать средства измерений, не подпадающие под сферы распространения ГМК или надзора;

– **поверка средств измерений** – установление органом ГМС (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным требованиям. Поверку проводят в соответствии с СТБ 8003-93 «СОЕИ РБ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения» специально обученные специалисты, аттестованные в качестве поверителей органом ГМС. При поверке используют эталоны. Результаты поверки средств измерений, признанных годными к применению, оформляются выдачей свидетельства о поверке, нанесением поверительного клейма или иными способами, установленными нормативными документами по поверке. Поверке подлежит *каждый* экземпляр средства измерений;

– проверка деятельности субъектов хозяйствования, осуществляющих изготовление, ремонт, поверку, калибровку, продажу и прокат средств измерений;

– проверка состояния и применения методик выполнения измерений и средств измерений, соблюдения метрологических правил и норм, а также достоверности результатов измерений, в том числе количества фасованных товаров в упаковках любого вида при их продаже и расфасовке.

Под **метрологическим контролем (МК)** понимают деятельность юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по проверке соблюдения установленных метрологических правил и норм. Различают следующие виды МК [8]:

- **испытания средств измерений** в соответствии с нормативной документацией на эти средства измерения;
- **метрологическая аттестация средств измерений** в соответствии с СТБ 8004-93;
- **поверка средств измерений** в соответствии с СТБ 8003-93;
- **калибровка средств измерений** в соответствии с методиками калибровки, согласованными с органами ГМС. **Калибровка** средств измерений – это совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений. Калибровке могут подвергаться средства измерений, не подлежащие ГМК и МН. Результаты калибровки удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средство измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах;
- **проверка состояния и применения методик выполнения измерений и средств измерений, соблюдения метрологических правил и норм.**

## **2.2 Метрологическое обеспечение алгоритмов и программ обработки данных при измерениях**

Современные средства измерений, такие, как измерительно-вычислительные комплексы, информационно-измерительные системы, в состав которых входит сложное электронное оборудование, а также электронно-вычислительные машины воспринимают ряд команд и данных от интерфейсов; могут выбирать разные способы функционирования; в средство измерений загружаются варьируемые метрологические параметры, а также дополнительное программное обеспечение. Кроме того, само средство измерений может трансформироваться за счет добавления внешних модулей. Отдельные части программного обеспечения могут разрабатываться с учетом специальных требований заказчиков, потребности и пожелания которых отличаются друг от друга.

Кроме того, необходимо знать, какие возможности существуют для доступа к защищенным данным или командам с использованием операционной системы, возможен ли «перехват» данных от периферийных устройств и датчиков без использования программных средств, возможна ли инсталляция другого программного обеспечения на том же самом жестком диске и т. д.

Создание условий для обеспечения доверия к результатам измерений, полученным с помощью современных компьютеризированных средств измерений, является задачей технического комитета Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ) ТС 5/SC 2 «Программное обеспечение».

Одна и та же задача обработки данных может решаться заданием различных алгоритмов и вариантов программной реализации.

При разработке нормативно-технической документации, в которой регламентируются процедуры обработки данных при измерениях и методики выполнения измерений, необходимо использовать аттестованные (а значит, и апробированные) алгоритмы и принципы обработки данных. Аттестованные алгоритмы и программы должны обеспечивать определенные характеристики погрешностей результатов измерений.

Различают следующие виды погрешностей, вносимых алгоритмами обработки данных:

– **методическая погрешность результата, обусловленная неидеальностью алгоритма обработки данных**, – составляющая погрешности результата, которая получается при применении данного алгоритма к исходным данным (не содержащим погрешности) при условии точного выполнения всех арифметических и логических операций;

– **трансформированная погрешность** – составляющая погрешности результата, обусловленная наличием погрешностей исходных данных, поступающих на обработку, и их преобразованием с помощью алгоритма (программы).

Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях проводится на основании рекомендации МИ 2174-91, положения которой распространяются на алгоритмы и программы обработки данных, которые выделены как самостоятельные объекты и существуют обособленно (в частности, могут использоваться в различных вычислительных устройствах).

**Алгоритм обработки экспериментальных данных** представляет собой последовательность арифметических и логических операций, производимых над полученными экспериментальными данными (с учетом априорной информации) с целью определения результата измерения и характеристик его погрешности. Он может быть задан различными способами, в том числе представлен в явном виде конечной последовательностью арифметических и логических операций или в виде рекуррентной вычислительной процедуры.

Как самостоятельный объект программа может использоваться на нескольких типах ЭВМ, совместимых либо на программном, либо на аппаратном уровне.

Под **аттестацией алгоритма (программы) обработки данных** понимают исследование свойств алгоритма (программы) на моделях исходных данных, в результате которого определяют свойства и оценивают количественные характеристики алгоритма (программы), с последующей регистрацией полученных характеристик в свидетельствах об аттестации или разделах других документов (с указанием используемых моделей).

Аттестации подлежат следующие объекты:

– алгоритмы обработки данных, представляющих собой самостоятельные объекты использования;

– программы обработки данных, реализующих выбранный алгоритм обработки и представляющих собой самостоятельный программный продукт;

– алгоритмы и программы обработки данных в составе прикладного программного обеспечения конкретных устройств, измерительно-вычислительных комплексов, информационно-измерительных систем, методик выполнения измерений.

Аттестация программы должна выполняться после ее отладки, верификации и тестирования.

Первым этапом аттестации программы можно считать аттестацию алгоритма, при которой целесообразно использовать результаты аттестации исходного алгоритма, проверяя соответствие характеристик и программ, а также используемых моделей исходных данных.

При этом различают две разновидности аттестации алгоритма или программы: **общая (исследовательская)** аттестация и **конкретная (метрологическая)** аттестация.

**Общая (исследовательская) аттестация** алгоритма (программы) – это исследование внутренних свойств алгоритма (программы) с целью последующего обоснования его применения в конкретных задачах. Она проводится в случае, если алгоритм или программа рассматривается как самостоятельный объект, и может применяться для обработки исходных данных с различными свойствами. Общую аттестацию следует выполнять на заключительном этапе разработки алгоритма (программы), в результате чего должны быть получены оценки характеристик точности, устойчивости и сложности алгоритма (программы) при различных моделях исходных данных. Только после проведения подобной процедуры алгоритм (программу) можно рекомендовать для практического применения.

**Метрологическая аттестация** алгоритма (программы) – это исследование точностных свойств алгоритма (программы) в рамках конкретной измерительной задачи или методики выполнения измерений с целью оценивания характеристик составляющих погрешностей получаемых результатов измерений. В результате метрологической аттестации получают оценки характеристик составляющих погрешностей результатов обработки. Метрологическая аттестация проводится, если алгоритм (программа) рассматривается как составная часть программного обеспечения конкретных измерительных устройств, измерительно-вычислительных комплексов, информационно-измерительных систем, методик выполнения измерения, и при этом имеется значительная априорная информация об исходных данных.

Результаты аттестации алгоритма (программы) следует использовать при обосновании его (ее) выбора и применения.

При применении ранее разработанного и аттестованного алгоритма используют результаты его аттестации с обязательной проверкой соответствия перечня характеристик алгоритма и моделей исходных данных требованиям, которые предъявляются к алгоритму при его применении.

## 2.3 Классификация алгоритмов обработки данных при измерениях

Рабочая классификация алгоритмов обработки данных при измерениях использует четыре основных признака, соответствующих структурным элементам алгоритма.

В качестве первого признака принимают **вид оцениваемой характеристики**. В данном случае в качестве частных признаков классификации принимают, во-первых, конкретный смысл характеристики в рамках определенной математической модели, во-вторых, размерность характеристики, число аргументов или параметров, входящих в нее, в-третьих, функциональный вид зависимости (например линейность), а также свойства гладкости (или непрерывности).

Вторым признаком является **вид вычислительной процедуры**, включающий подход, принятый при построении алгоритма, и структурные особенности построения алгоритма. При этом различают три основные группы алгоритмов:

- *оптимальные алгоритмы*, используемые при определенных модели и критерии;
- *устойчивые (робастные) алгоритмы*, имеющие высокую эффективность на более широких моделях;
- *эвристические алгоритмы*, которые имеют широкую область применения, хотя и не столь высокую точность.

При оценке структурных особенностей алгоритма учитывают:

- способ управления порядком выполнения действий;
- зависимость параметров процедуры от исходных данных;
- способ задания алгоритма;
- наличие определенных типовых блоков в составе алгоритма.

Третьим классификационным признаком является **вид исходных данных** алгоритма, частными признаками которых являются:

- форма представления данных (дискретная или аналоговая);
- режим поступления данных;
- объем массива данных;
- размерность данных;
- зависимость между исходными данными.

**Формы представления результатов и обработки данных** выделяют в качестве четвертого признака.

Наиболее существенными являются первые два признака, связанные с описанием основных объектов алгоритма. Последние два связаны с формой представления основных объектов. Для каждого из основных признаков классификации выделяют подчиненные ему частные признаки и конкретные варианты признаков и далее формируют основные группы алгоритмов при разбиении по данным признакам.

Для целей аттестации алгоритмов *основной* является классификация по видам вычислительных процедур, которая выполняется в рамках однородных групп алгоритмов.

При **общей аттестации** характеристики устанавливаются так, чтобы они достаточно полно отражали свойства алгоритмов и позволяли их сопоставлять в рамках выделенной группы однородных алгоритмов.

Во-первых, это *характеристики точности*, предназначенные для оценивания погрешностей результатов измерений, получаемых при использовании алгоритма (программы). Это границы методической составляющей погрешности; границы систематических составляющих трансформированной погрешности результата измерения и среднеквадратичное отклонение случайной составляющей трансформированной погрешности. К ним относятся:

- границы методической составляющей погрешности;
- границы систематических составляющих трансформированной погрешности результата измерения;
- СКО случайной составляющей трансформированной погрешности.

Во-вторых, это характеристики *устойчивости (надежности)*, которые задают область работоспособности алгоритма (программы). Здесь выделяют:

- допустимое число или долю данных, которые могли бы содержать промахи, не нарушая работоспособности алгоритма;
- границы интервалов (областей) значений параметров исходных данных, в которых алгоритм работает без сбоев (грубых ошибок).

И, наконец, в-третьих, это *характеристики сложности*, которые отражают трудоемкость вычислений или вычислительные затраты при однократном применении алгоритма (программы). Характеристиками сложности алгоритмов являются показатели вычислительной сложности, определяемые числом типовых операций (арифметических и логических), необходимых для однократного вычисления по данному алгоритму. Характеристики сложности программ обработки данных включают временную сложность, определяемую как время работы ЭВМ при однократном выполнении программы, и объемную сложность, определяемую как объем памяти ЭВМ (отдельно долговременной и оперативной), необходимой для работы программы.

При метрологической аттестации необходимо оценивать характеристики точности (СКО и границы погрешностей) с учетом дополнительных составляющих погрешностей результатов, обусловленных особенностями работы программы в конкретной вычислительной среде, в том числе:

- округлением промежуточных результатов;
- ограничением разрядной сетки;
- дискретизацией по аргументу;
- конечным числом итераций;
- использованием конечных разложений в ряд и т. д.

Согласно общей схеме аттестации алгоритмов (программ) рекомендуется следующий порядок действий.

1 Установить набор основных характеристик алгоритмов, которые следует оценивать ( $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ ).

2 Установить набор моделей исходных данных ( $u_1, u_2, \dots, u_m$ ).

3 Вычислить (оценить) значения характеристик алгоритмов (программ)  $\Pi_i$  на выбранных типовых моделях  $u_j$ :

$$\pi_{ij}(a) = \Pi_i(a, u_j).$$

4 Оформить свидетельство об аттестации алгоритма (программы), включающее матрицу характеристик  $\pi_{ij}(a)$ .

При выборе моделей исходных данных при аттестации алгоритмов и программ рекомендуется использовать следующие принципы.

Модели исходных данных формируются как сочетания моделей полезных сигналов и моделей погрешностей исходных данных.

Если данные поступают на обработку в аналоговом виде, то модели исходных данных представляют в виде случайных или детерминированных функций непрерывного аргумента; если в дискретном, – то в виде случайных или детерминированных последовательностей.

Модели полезных сигналов формируют на основе постановки измерительной задачи, используя уравнение измерения, сведения о свойствах входных сигналов средства измерений и об его метрологических характеристиках.

Модели погрешностей исходных данных формируют отдельно для случайных и систематических составляющих, учитывая сведения о полезных сигналах и о возможных помехах на входе и выходе средства измерений.

Рекомендуется принимать гауссовское (нормальное), равномерное или двойное экспоненциальное распределения случайных составляющих погрешностей исходных данных. Систематические составляющие представляют в виде постоянной, линейной или синусоидальной функций.

Выделяют три основных подхода к оцениванию характеристик алгоритмов и программ: **аналитический, численные расчеты показателей точности и математическое моделирование.**

При **аналитическом подходе** зависимость характеристик алгоритма (программы) от параметров моделей исходных данных (выражения  $\pi_{ij}$ ) находят в виде явных функций от параметров исходных данных, в том числе характеристик погрешностей исходных данных и объема данных.

Для **численных расчетов показателей точности** либо принимают упрощенные типовые модели данных и приближенно оценивают характеристики алгоритма (программы) как функции от параметров моделей данных, получая приближенные аналитические зависимости характеристик от параметров моделей, либо задают конкретные значения параметров моделей исходных данных и приближенно оценивают значения характеристик алгоритма (программы), соответствующих выбранным значениям, в результате чего получают оценки характеристик для конкретных значений параметров.

**Математическое моделирование** (прежде всего статистическое) предполагает следующие операции:

- задание конкретных значений параметров моделей исходных данных;

- моделирование (многократное) наборов исходных данных, поступающих на вход алгоритма (программы) обработки;
- применение исследуемого алгоритма (программы) к полученным наборам данных и получение серии результатов вычислений;
- оценивание искомых характеристик алгоритма (программы) путем дополнительной обработки полученной серии результатов вычислений.

Далее для каждого набора значений параметров исходных данных  $c$  получают конкретные значения характеристики  $\pi_{ij}(a, c)$ , т. е.  $i$ -я характеристика представляется в виде таблицы  $f_{ij} = n_{ij}(a, c)$ .

При анализе результатов аттестации необходимо учитывать свойства процедуры моделирования, в том числе используемых датчиков случайных чисел.

При аттестации сложных алгоритмов целесообразно комплексно использовать указанные подходы. В частности, целесообразно приближенно оценивать асимптотическое поведение показателей в аналитическом виде, а затем – более точно – оценивать показатели путем статистического моделирования.

Результаты аттестации алгоритмов и программ оформляются свидетельством об аттестации или указанием сведений в нормативно-технической документации, в которых представляются следующие данные:

- перечень характеристик, значения которых оценивались при аттестации ( $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ );
- перечень моделей исходных данных, при которых определялись значения характеристик ( $u_1, u_2, \dots, u_m$ );
- способы оценивания характеристик на указанных моделях;
- зависимости  $\pi_{ij}(a)$  характеристик от параметров моделей исходных данных, вычисленные на указанных моделях данных.

Зависимости  $\pi_{ij}(a)$  могут быть представлены либо в форме аналитического выражения, задающего  $\pi_{ij}(a)$  как явную функцию от параметров исходных данных ( $c_1, c_2, \dots, c_j$ ), либо в виде таблицы значений показателей  $\pi_{ij}(a)$  при конкретных значениях параметров исходных данных ( $c_1, c_2, \dots, c_j$ ), либо графиков зависимостей значений показателей  $\pi_{ij}(a)$  от отдельных параметров исходных данных ( $c_1, c_2, \dots, c_j$ ). Допускается также комбинированная форма представления результатов аттестации, когда некоторые параметры входят в зависимость аналитически, а другие задаются конкретными значениями.

Аттестацию алгоритмов и программ проводит разработчик алгоритма (программы), если предлагается новый алгоритм (программа); пользователь алгоритма (программы), если отсутствуют данные об аттестации; разработчик методики выполнения измерений при метрологической аттестации алгоритма обработки данных; разработчик измерительно-вычислительного комплекса, информационно-измерительной системы или измерительного устройства при метрологической аттестации алгоритмов (программ), входящих в состав прикладного программного обеспечения перечисленных систем и отсутствии данных об их предварительной аттестации.

## 2.4 Контрольные задания

1 Сопротивление нагрузки определялось по результатам шести измерений (4,4 кОм; 4,5 кОм; 4,0 кОм; 3,9 кОм; 4,4 кОм; 4,3 кОм). Составить алгоритм оценки доверительных границ результата измерения сопротивления с доверительной вероятностью 0,95. Установить набор моделей исходных данных: данные распределены по нормальному закону. Сформировать матрицы характеристик алгоритма.

2 Резонансная частота колебательного контура определялась по формуле Томсона  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ . Границы неисключенных составляющих систематической погрешности измерения емкости  $\Delta_{C1} = 0,15$  пФ, индуктивности  $\Delta_{C2} = 010$  мГн. Оценить результирующую систематическую погрешность измерения частоты с доверительной вероятностью 0,95. Установить набор моделей исходных данных. Сформировать матрицы характеристик алгоритма.

## 3 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЙ

### 3.1 Общая характеристика средств измерений

**Средство измерений (СИ)** – это техническое средство (или их комплекс), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

По своему **техническому назначению** СИ подразделяются следующим образом:

– **меры** – СИ, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения ФВ одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью;

– **измерительные приборы** – СИ, предназначенные для получения значений измеряемой ФВ в установленном диапазоне;

– **измерительные преобразователи** – технические средства с нормированными метрологическими характеристиками (МХ), служащие для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Совокупность различных СИ может образовывать **измерительные установки** и **измерительные системы**.

**Измерительная установка (ИУ)** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких ФВ и расположенная в одном месте.

**Измерительная система (ИС)** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, электронно-вычислительных машин и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта с целью измерений одной или нескольких ФВ, свойственных этому объекту, и выработки сигналов измерительной информации в разных целях.

При классификации по **метрологическому назначению** СИ подразделяют следующим образом:

– **эталон** – СИ (или комплекс СИ), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке;

– **рабочий эталон** – эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений;

– **рабочее СИ** – СИ, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим СИ.

СИ, применяемые для измерения характеристик электрических сигналов и параметров радиотехнических цепей, можно условно разделить на две большие группы: **электромеханические** и **электронные измерительные приборы (ИП)**.

**Электромеханические приборы**, как правило, состоят из относительно простой измерительной цепи и измерительного механизма.

**Измерительная цепь** – это совокупность элементов СИ, образующих непрерывный путь прохождения измерительного сигнала одной физической величины от входа до выхода.

Измерительную цепь измерительной системы называют **измерительным каналом**.

**Измерительный механизм СИ** – совокупность элементов СИ, которые обеспечивают необходимое перемещение указателя (стрелки, светового пятна и т. д.). Он состоит из механических и электрических элементов (пружин, катушек, магнитов), взаимодействие которых вызывает их взаимное перемещение.

В состав **электронных ИП** входят электронные устройства: усилители, счетчики, дешифраторы, электронные ключи и т. п.

Каждый ИП имеет отсчетное устройство, которое позволяет производить отсчет измеряемой величины. Измерительная информация может быть представлена в цифровой или аналоговой форме.

В зависимости от **способа обработки и представления информации** ИП делятся на **аналоговые и цифровые**.

В **аналоговых ИП** выходные сигналы, а следовательно, и показания являются непрерывными функциями изменения измеряемой величины. В **цифровых ИП** вырабатываются дискретные сигналы измерительной информации, а показания представляются в цифровой форме.

Электронные ИП по **характеру измерений и виду измеряемой величины** делятся на 20 подгрупп, которым присваиваются буквенные обозначения в зависимости от того, для измерения какой ФВ этот ИП предназначен (например, А – приборы для измерения силы тока; В – приборы для измерения напряжения;

Ч – приборы для измерения частоты и времени; С – приборы для исследования формы сигнала и спектра).

В подгруппах приборы **по признакам основной выполняемой функции** разделяются на **виды**. **Вид СИ** – совокупность СИ, предназначенных для измерения данной физической величины. Вид СИ обозначается арабской цифрой после буквы, обозначающей подгруппу. Например, В2 – вольтметры постоянного тока, В3 – вольтметры переменного тока, В7 – универсальные вольтметры.

Приборы каждого вида **по совокупности технических характеристик и очередности разработок** разделяются на **типы**, которым присваивается порядковый номер модели: В7-28. **Тип СИ** – совокупность СИ одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации. Для **модернизированных приборов** после цифры, обозначающей тип, ставятся в алфавитном порядке буквы русского алфавита, соответствующие очередной модернизации: В7-28А. **Конструктивная**, но не электрическая модернизация обозначается цифрой после косой черты: В7-28А/1. Для **комбинированных приборов** после буквы, обозначающей подгруппу, ставится буква К: ФК2-18 – прибор для измерения фазовых сдвигов и параметров четырехполосников.

Обозначения **электромеханических приборов** состоят из букв, которые в основном соответствуют типу прибора, и цифр (М, Э и т. п.).

В зависимости от **формы представления показаний** приборы делятся на **показывающие**, допускающие только отсчет показаний, и **регистрирующие**, в которых возможен не только отсчет, но и регистрация показаний.

**По условиям применения** ИП делятся на три группы:

- **приборы общего применения**, предназначенные для использования в различных радиотехнических устройствах независимо от их назначения;
- **приборы специальные (сервисные)**, предназначенные для измерения параметров сигналов в определенных устройствах (объектах);
- **приборы встроенные**, конструктивно входящие в состав радиоэлектронных устройств.

Некоторые ИП можно использовать в качестве всех трех (например электронные вольтметры, генераторы).

Вся совокупность ИП **по назначению** условно разбивается на три основные группы:

- приборы для измерения параметров и характеристик электрических сигналов (подгруппы А, В, М, Ч, С, ...);
- приборы для измерения параметров и характеристик электрических цепей (измерители сопротивления, индуктивности, емкости – Е, Р и др.);
- источники измерительных сигналов – измерительные генераторы (Г).

Важным классификационным признаком является **принцип действия** в соответствии с используемым методом измерений. По этому признаку различают:

- приборы прямого преобразования;
- приборы сравнения (компенсационного преобразования).

**Прибором прямого преобразования** называется ИП, в котором происходит одно или несколько преобразований входного сигнала в одном направлении. Его структурная схема представлена на рисунке 3.1.

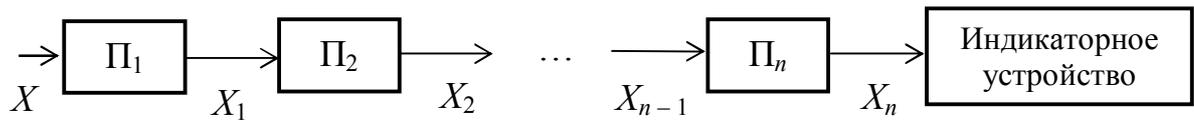


Рисунок 3.1 – Структурная схема ИП прямого преобразования

Тип индикаторного устройства определяется принадлежностью прибора к той или иной группе (аналоговый, цифровой, показывающий или регистрирующий).

Входной сигнал  $X$  последовательно преобразуется в выходной  $X_n$ , который отображается на индикаторном устройстве или используется при дальнейшей обработке.

**Прибором сравнения** называется ИП, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно. Известная величина воспроизводится с помощью меры или набора мер. Структурная схема прибора сравнения представлена на рисунке 3.2.

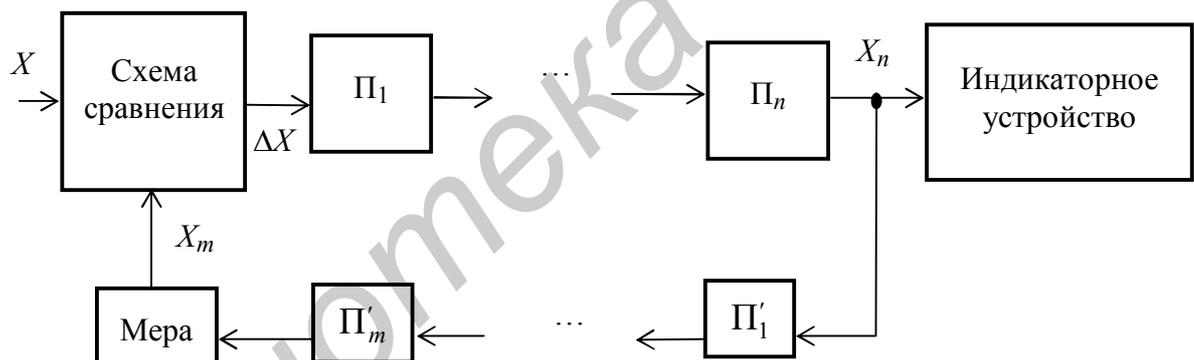


Рисунок 3.2 – Структурная схема ИП сравнения

В ИП сравнения измеряемая величина  $X$  подвергается прямому преобразованию в преобразователях  $\Pi_1, \dots, \Pi_n$ , и по цепи обратной связи сигнал  $X_n$  через преобразователи  $\Pi'_1, \dots, \Pi'_m$  управляет значением меры.

При полной компенсации сигналов в схеме сравнения в установившемся режиме  $\Delta X = X - X_m = 0$ . Изменением коэффициента передачи цепи обратного преобразования добиваются нулевых показаний индикаторного устройства. Значение измеряемой величины в этом случае будет равно значению меры  $X_m$ . Такая модификация метода сравнения получила название **нулевого метода**.

Другой разновидностью метода сравнения является **дифференциальный метод**. В этом случае в установившемся режиме  $\Delta X = X - X_m \neq 0$ . С помощью

индикаторного устройства фиксируется величина  $\Delta X$ , а измеряемая величина будет равна  $X = X_m + \Delta X$ .

К приборам сравнения можно отнести измерительные мосты, потенциометры, некоторые виды вольтметров.

### 3.2 Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование

Все характеристики СИ можно разделить на две группы: метрологические и технические.

**Метрологическая характеристика (МХ)** – это характеристика одного из свойств СИ, влияющая на результат измерения и на его погрешность. В свою очередь **нормируемые МХ** определяют совокупность МХ данного типа СИ, устанавливаемую нормативными документами на СИ.

К основным метрологическим характеристикам СИ относятся чувствительность, входной импеданс, вариация показаний, динамические характеристики, погрешность СИ, выходной код, число разрядов кода, номинальная цена единицы наименьшего разряда.

**Чувствительность СИ** – свойство СИ, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины:

$$S_{\Pi} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta X}. \quad (3.1)$$

На практике используется такая метрологическая характеристика, связанная с чувствительностью, как **цена деления шкалы** (постоянная прибора) – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы СИ.

Для равномерной шкалы  $C_{\Pi} = 1 / S_{\Pi}$ .

Если шкала прибора неравномерная, т. е. в пределах шкалы цена деления изменяется, то нормируется минимальная цена деления.

Иногда в качестве характеристики используется **порог чувствительности** (предельная чувствительность) – характеристика СИ в виде наименьшего значения изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством.

**Входной импеданс ( $Z_{вх}$ )** определяет влияние СИ на работу исследуемой схемы. За счет потребления некоторой мощности СИ может изменить режим работы маломощного источника входного сигнала, что приводит к появлению методической погрешности.

Входной импеданс характеризуется активной и реактивной составляющими. Часто в качестве параметров входа СИ указываются значения **входного активного сопротивления и входной емкости**.

На постоянном токе и в диапазоне низких частот нормируется входное активное сопротивление.

**Вариация показаний ИП** (или выходного сигнала измерительного преобразователя) – это разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины.

В высокочувствительных (особенно электронных) ИП вариация показаний приобретает иной смысл и может быть определена как колебание их показаний около среднего значения.

Например, для амперметра вариация показаний  $b = |I_M - I_0|$ , где  $I_M$  и  $I_0$  – показания прибора при подходе к данной точке соответственно со стороны меньших и больших значений тока.

**Динамические характеристики** – это характеристики инерционных свойств СИ. Они определяют зависимость параметров выходного сигнала СИ от изменяющихся во времени величин: параметров входного сигнала, нагрузки, внешних факторов.

Динамические характеристики могут нормироваться:

- функцией связи между входными и выходными сигналами (передаточной функцией, переходной характеристикой и т. п.);
- графиками (таблицами) амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик;
- временем установления показаний, или быстродействием СИ, – величиной, обратной времени установления показаний.

**Погрешность СИ** – это разность между показанием СИ и истинным значением измеряемой ФВ. В общем случае она включает в себя и систематическую, и случайную составляющие. Погрешность СИ может выражаться в виде абсолютной, относительной и приведенной погрешностей или класса точности.

**Класс точности СИ** – это обобщенная характеристика средства измерений, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими свойствами средства измерений, влияющими на точность, значения которой устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений.

Значение класса точности также выбирается из ряда (1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6) · 10<sup>n</sup>, где  $n = -1, 0, 1, 2, \dots$

Способ обозначения класса точности определяется формой выражения основной погрешности (ГОСТ 8.401 – 80). Способы обозначения классов точности СИ приведены в таблице 3.1.

Значения погрешностей СИ устанавливаются для нормальных условий. Под **нормальными условиями** понимают условия измерений, характеризующие совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости. Погрешность СИ, применяемого в нормальных условиях, называется **основной погрешностью**.



Отклонение внешних условий от нормальных приводит к возникновению дополнительных погрешностей. **Дополнительная погрешность СИ** – составляющая погрешности СИ, возникающая дополнительно в основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений. Дополнительная погрешность указывается отдельно для каждой из влияющих величин в виде дольного или кратного значения основной погрешности.

Для приборов с цифровым отсчетом нормируются **выходной код, число разрядов кода и номинальная цена единицы наименьшего разряда**.

В технических описаниях приборов обычно указывают параметры, которые можно объединить в группу количественных характеристик, определяющих **область применения**. Она характеризуется совокупностью допустимых диапазонов трех групп физических величин:

– **диапазон возможных значений измеряемых величин** (информативных параметров) или **пределы шкалы СИ**. Здесь можно выделить два понятия: **диапазон показаний СИ** – область значений шкалы прибора, ограниченную начальным и конечным значениями шкалы, и **диапазон измерений СИ** – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ;

– **диапазон возможных значений неизмеряемых величин** (неинформативных параметров), например, для вольтметра переменного напряжения – частотный диапазон;

– **диапазон возможных значений влияющих величин** (диапазон температур, внешних полей, ускорений и т. п.).

### 3.3 Технические характеристики средств измерений

В технической документации каждого СИ обычно указывается его **назначение**, т. е. основные функции СИ и область его применения. Характеристика назначения может включать в себя предельные значения неинформативных параметров и рабочие условия применения СИ.

**Метрологическая исправность СИ** – состояние СИ, при котором все его нормируемые метрологические характеристики соответствуют установленным требованиям.

**Надежность СИ** – свойство измерительной техники функционировать при сохранении метрологических и других характеристик в заданных пределах и режимах работы.

**Метрологическая надежность СИ** – надежность СИ в части сохранения его метрологической исправности.

При выходе метрологических характеристик СИ за установленные пределы наступает **метрологический отказ СИ**.

В зависимости от значений влияющих величин, характеризующих климатические и механические воздействия в рабочих условиях применения, а также предельные условия транспортирования, СИ делятся на семь групп.

Большому номеру группы СИ соответствуют более жесткие условия применения и транспортирования.

В нормативно-технической документации на СИ устанавливают также требования к электропитанию, ко времени установления рабочего режима и продолжительности непрерывной работы, к электрической прочности и сопротивлению изоляции, требования безопасности.

### 3.4 Общие сведения об электромеханических приборах

Основным элементом электромеханического прибора является **электромеханический измерительный механизм (ЭИМ)**. Он предназначен для преобразования электрической энергии в механическую энергию перемещения подвижной части (чаще всего угловое) показывающего или регистрирующего прибора.

**В зависимости от принципа действия** (по способу преобразования электрической энергии в механическую) различают следующие основные системы измерительных механизмов (ИМ):

- магнитоэлектрические измерительные механизмы (МЭИМ);
- электромагнитные измерительные механизмы (ЭМИМ);
- электродинамические измерительные механизмы (ЭДИМ).

На шкалы приборов наносятся следующие обозначения: единицы измеряемой величины; класс точности прибора; условные обозначения системы прибора и степени защищенности от магнитных и электрических полей; условное обозначение рода тока и числа фаз; условное обозначение рабочего положения прибора; условное обозначение испытательного напряжения изоляции; тип прибора и т. д. Кроме того, ЭИМ могут иметь корректоры, предназначенные для установки стрелки показывающего устройства на нуль.

Конструктивно ЭИМ представляет собой систему, состоящую из подвижной и неподвижной частей. В МЭИМ неподвижной частью является постоянный магнит, а подвижной – катушка с током, расположенная в поле постоянного магнита. В ЭМИМ подвижный сердечник движется внутри неподвижной катушки с током. ЭДИМ состоит из двух катушек с током, одна из которых является неподвижной.

**Принцип работы ЭИМ** заключается в следующем. Если ЭИМ включить в цепь постоянного тока, то под действием вращающего момента, функционально связанного с измеряемой величиной, подвижная часть поворачивается по отношению к неподвижной.

Вращающий момент для любой конструкции ЭИМ может быть определен из общего уравнения динамики системы, согласно которому момент, действующий в системе, определяется изменением энергии  $W$ :

$$M_{\text{в}} = \frac{\partial W}{\partial \alpha}, \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – угловое перемещение подвижной части (угол поворота).

Воздействие на систему только вращающего момента привело бы к отклонению подвижной части до упора. Для обеспечения перемещения подвижной части пропорционально измеряемой величине в ЭИМ создается противодействующий момент  $M_{\Pi}$  (с помощью пружин, растяжек). Он пропорционален углу поворота:

$$M_{\Pi} = k_{\Pi} \cdot \alpha, \quad (3.3)$$

где  $k_{\Pi}$  – удельный противодействующий момент, зависящий от размеров пружины и свойств материала.

При равенстве вращающего и противодействующего моментов наступает равновесие подвижной части. Тогда  $M_{\text{в}} = M_{\Pi}$ ; следовательно,

$$\frac{\partial W}{\partial \alpha} = k_{\Pi} \cdot \alpha, \quad (3.4)$$

откуда угол отклонения стрелки

$$\alpha = \frac{1}{k_{\Pi}} \cdot \frac{\partial W}{\partial \alpha}. \quad (3.5)$$

Эти выражения справедливы для механических сил (для МЭИМ).

Если противодействующий момент создается за счет электрических сил (в ЭМИМ и ЭДИМ), то движение подвижной части прекращается при равенстве двух моментов противоположного направления:

$$- \text{вращающего момента } M_1 = k_1 \cdot f_2(\alpha) \cdot x_1; \quad (3.6)$$

$$- \text{противодействующего момента } M_2 = k_2 \cdot f_1(\alpha) \cdot x_2, \quad (3.7)$$

где  $x_1, x_2$  – измеряемые электрические величины;

$k_1, k_2$  – удельные вращающий и противодействующий моменты.

В состоянии равновесия  $M_1 = M_2$ . Тогда

$$\frac{f_1(\alpha)}{f_2(\alpha)} = \frac{k_2 x_2}{k_1 x_1}. \quad (3.8)$$

Отсюда можно получить выражение для угла поворота  $\alpha$ , который будет зависеть от отношения измеряемых величин  $x_1$  и  $x_2$ . Приборы, определяющие отношение двух величин, называются **логометрами**. В логометрах в обесточенном состоянии подвижная часть может находиться в любом положении, т. е. стрелка прибора не устанавливается на нулевую отметку шкалы (что не является признаком неисправности прибора).

### 3.5 Методическая погрешность при измерении силы тока

При включении амперметра в цепь изменяется режим работы цепи, так как амперметр потребляет некоторую мощность, что приводит к появлению методической погрешности.

До включения амперметра в измерительную цепь ток в цепи (действительное значение тока) равен

$$I_x = \frac{U}{R_n}, \quad (3.8)$$

где  $U$  – падение напряжения на нагрузке;

$R_n$  – сопротивление нагрузки.

После включения амперметра ток в цепи (измеренное значение) будет равен

$$I_x = \frac{U}{R_n + R_a}, \quad (3.9)$$

где  $R_a$  – внутреннее сопротивление амперметра.

Относительная погрешность измерения в этом случае будет

$$\delta = \frac{I - I_x}{I_x} = -\frac{1}{1 + \frac{R_n}{R_a}}. \quad (3.10)$$

Минус показывает, что измеренное значение тока меньше действительного.

Из полученного уравнения видно, что для минимизации методической погрешности при измерении силы тока необходимо, чтобы  $R_a \ll R_n$ ; следовательно, при конструировании амперметров необходимо стремиться к снижению внутреннего сопротивления амперметра.

Эта погрешность является систематической и может быть исключена из результатов измерения введением поправки.

### 3.6 Расширение пределов измерения силы тока

Для расширения пределов измерения постоянного тока применяют **шунты** – резисторы, включаемые параллельно амперметру. Выбор сопротивления шунта для данного прибора зависит от коэффициента расширения пределов измерения  $n = I / I_a$ , где  $I$  – предел измерения с подключенным шунтом;  $I_a$  – максимальный ток отклонения подвижной части измерительного механизма без шунта. Отсюда сопротивление шунта будет равно

$$R_{ш} = \frac{R_a}{n - 1}, \quad (3.11)$$

где  $R_a$  – внутреннее сопротивление измерительного механизма амперметра.

Погрешность амперметра с шунтом возрастает из-за неточности изготовления шунтов и различных ТКС катушки амперметра и шунта. Классы точности амперметров с шунтами – 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5.

При использовании шунтов на переменном токе возникают дополнительные частотные погрешности, и в этом случае для расширения пределов измере-

ния тока применяют **измерительные трансформаторы тока** (особенно для больших токов). Первичная обмотка трансформатора содержит малое количество витков и включается последовательно с нагрузкой. Вторичная обмотка содержит большое число витков и подключается к амперметру. При использовании трансформаторов тока необходимо заземление.

Номинальный коэффициент трансформации

$$k_{Iн} = \frac{I_{1н}}{I_{2н}} = \frac{w_2}{w_1}, \quad (3.12)$$

где  $I_{1н}$  и  $I_{2н}$  – номинальные токи в первичной и вторичной обмотках;  
 $w_1$  и  $w_2$  – соответствующее число витков обмоток.

При применения трансформаторов тока можно измерять токи в первичной цепи от 0,1 А до 60 кА.

### 3.7 Измерение напряжения электронными аналоговыми вольтметрами

#### 3.7.1 Аналоговые вольтметры прямого преобразования

К аналоговым вольтметрам относятся электромеханические и электронные вольтметры, в которых измеряемое напряжение преобразуется в пропорциональное значение постоянного тока, измеряемое магнитоэлектрическим прибором.

Структурная схема аналогового вольтметра представлена на рисунке 3.3.

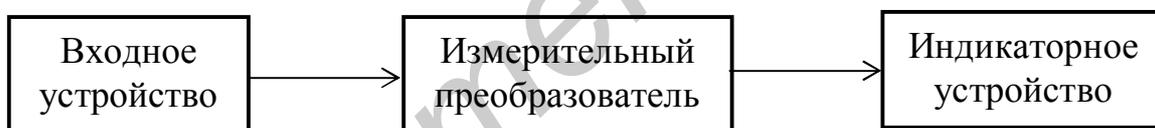


Рисунок 3.3 – Обобщенная структурная схема аналогового вольтметра

В качестве входного устройства обычно используются делитель напряжения либо аттенюатор, расширяющий пределы измерения.

В качестве измерительного преобразователя в вольтметрах постоянного напряжения (В2) используют усилитель постоянного тока, а в вольтметрах переменного напряжения – выпрямитель в сочетании с усилителем постоянного тока, если сигнал детектируется после усиления (В3), либо с усилителем переменного тока (В4), если сигнал детектируется до усиления.

Структурная схема вольтметра постоянного напряжения имеет вид, представленный на рисунке 3.4.

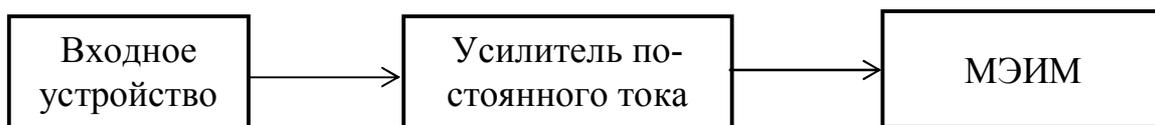


Рисунок 3.4 – Структурная схема вольтметра постоянного напряжения

Уравнение шкалы такого вольтметра имеет вид

$$\alpha = S_B \cdot \frac{U_x}{k_y}, \quad (3.13)$$

где  $S_B$  – чувствительность вольтметра, включающая в себя чувствительность МЭИМ и чувствительность усилителя постоянного тока;

$U_x$  – измеряемое напряжение;

$k_y$  – коэффициент усиления усилителя.

Недостатком этой схемы является ограничение нижнего предела измерения напряжения несколькими сотнями милливольт. Устранения этого недостатка добиваются, применяя операции «модуляция» – «усиление» – «демодуляция».

### 3.7.2 Вольтметры переменного напряжения

Вольтметры переменного напряжения строятся по двум схемам: с детектором на входе и с детектором на выходе.

На рисунке 3.5 представлена схема вольтметра переменного напряжения с детектором на входе.

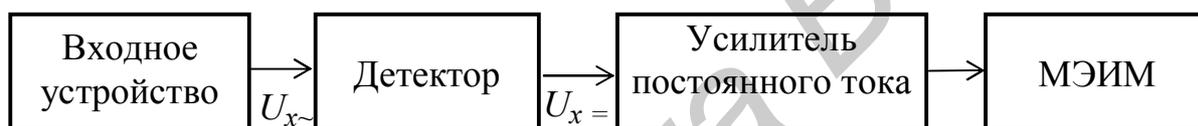


Рисунок 3.5 – Структурная схема вольтметра постоянного напряжения с детектором на входе

Схема с детектором на входе не имеет ограничения по диапазону частот измеряемых напряжений (от 20 Гц до 3000 МГц), но обладает низкой чувствительностью (несколько делений на милливольт).

На рисунке 3.6 представлена схема вольтметра с детектором на выходе.



Рисунок 3.6 – Структурная схема вольтметра переменного напряжения с детектором на выходе

Вольтметры с детектором на выходе имеют более узкую полосу частот измеряемого напряжения, которая ограничивается полосой пропускания усилителя переменного тока (не более 50 МГц), но чувствительность их выше.

У обеих модификаций вольтметров можно расширить диапазон измеряемых напряжений за счет изменения коэффициента деления входного устройства и коэффициента усиления усилителя.

### 3.7.3 Расширение пределов измерения напряжения

Для расширения пределов измерения постоянного напряжения используются добавочные сопротивления, подключаемые последовательно с вольтметром. Если необходимо расширить пределы измерения от  $U_v$  до  $U$ , то величину добавочного сопротивления можно вычислить из выражения

$$R_d = R_v \left( \frac{U}{U_v} - 1 \right), \quad (3.14)$$

где  $R_v$  – входное сопротивление вольтметра.

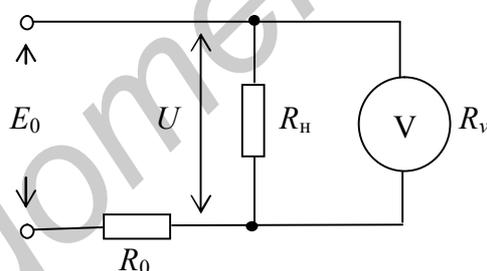
Однако при использовании добавочного сопротивления возрастает погрешность измерения из-за неточности изготовления резисторов и появления частотной погрешности.

Для расширения пределов измерения на постоянном токе используют измерительные трансформаторы напряжения. При этом количество витков в первичной обмотке должно быть больше количества витков во вторичной обмотке. Расширенный предел измерения будет равен  $U = K_{U_H} \cdot U_v$ .

### 3.7.4 Методическая погрешность при измерении напряжения

Схема включения вольтметра в измерительную цепь представлена на рисунке 3.7.

При измерении вольтметр потребляет некоторую мощность; следовательно, при измерении напряжения будет присутствовать методическая погрешность.



$R_0$  – внутреннее сопротивление источника питания;  $E_0$  – его ЭДС;  
 $R_v$  – входное сопротивление вольтметра;  $R_H$  – сопротивление нагрузки

Рисунок 3.7 – Схема включения вольтметра в измерительную цепь

До включения вольтметра в цепь действительное значение напряжения на нагрузке

$$U = \frac{E_0 \cdot R_H}{R_0 + R_H}. \quad (3.15)$$

Измеренное значение напряжения (после подключения вольтметра)

$$U_x = \frac{E_0}{R_0 + \frac{R_H \cdot R_v}{R_H + R_v}} \cdot \frac{R_H \cdot R_v}{R_H + R_v}. \quad (3.16)$$

Тогда методическая погрешность измерения напряжения

$$\delta_U = \frac{U_x - U}{U} = -\frac{1}{1 + \frac{R_v}{R_H} + \frac{R_v}{R_0}}. \quad (3.17)$$

Из данного выражения можно сделать вывод, что для уменьшения методической погрешности необходимо выбирать вольтметр с возможно большим входным сопротивлением. Эту погрешность можно исключить и скорректировать результат измерения.

### 3.7.5 Измерение постоянного напряжения цифровыми вольтметрами

**Цифровой вольтметр** – прибор, автоматически вырабатывающий дискретные сигналы измерительной информации, показания которого представлены в цифровой форме.

Обобщенная структурная схема цифрового вольтметра представлена на рисунке 3.8.

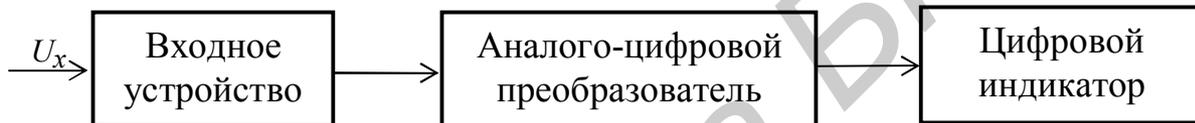


Рисунок 3.8 – Обобщенная структурная схема цифрового вольтметра

**Входное устройство** изменяет масштаб измеряемого напряжения, при необходимости отфильтровывает помехи и изменяет полярность напряжения.

Основным классификационным признаком является вид аналого-цифрового преобразователя (АЦП), применяемого в вольтметре. В вольтметрах с прямым преобразованием цифровой сигнал на выходе АЦП можно получить с помощью времяимпульсного, частотно-импульсного и кодоимпульсного преобразования.

Принцип работы вольтметров с **времяимпульсным преобразованием** заключается в преобразовании измеряемого напряжения  $U_x$  в пропорциональный интервал времени  $\Delta t$ , длительность которого определяется путем заполнения импульсами опорной частоты и подсчета числа этих импульсов  $N$  с помощью счетчика.

В вольтметрах с **частотно-импульсным преобразованием** измеряемое постоянное напряжение преобразуется в последовательность импульсов, частота которых измеряется с помощью частотомера и пропорциональна измеряемому напряжению.

В вольтметрах с **кодоимпульсным преобразованием** измеряемое напряжение преобразуется в цифровой код.

В вольтметрах переменного напряжения сначала производится преобразование переменного напряжения в постоянное (детектирование), как описано в пункте 3.7.2, а затем аналоговый сигнал преобразуется в цифровой с помощью одного из указанных трех способов.

### 3.8 Основные принципы автоматизации измерений

При проведении научных исследований, разработке, производстве и эксплуатации современного радиоэлектронного оборудования возникает необходимость перерабатывать большие объемы измерительной информации за ограниченное время. Следствием этого является потребность в создании СИ, которые позволяли бы автоматизировать процессы измерений, обработки и регистрации их результатов при одновременном исключении из результатов измерений субъективных погрешностей.

В общем смысле под **автоматизацией** понимают применение технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации.

**Первым** и наиболее очевидным **направлением** в области автоматизации измерений является разработка СИ, в которых все необходимые процедуры настройки и регулировки выполняются автоматически. Автоматическая настройка СИ (выставление пределов измерений, калибровка) достигается, например, преобразованием измеряемой величины к виду, позволяющему воздействовать на последующие элементы схемы прибора; автоматическим изменением в требуемых пределах величины, воспроизводимой мерой, входящей в состав прибора; сравнением измеряемой величины с величиной, воспроизводимой мерой. Характерным примером такого СИ является осциллограф с автоматизированным управлением.

**Вторым направлением** является разработка измерительных приборов с непосредственным отсчетом, в которых реализована замена косвенных измерений прямыми. Микропроцессоры, применяемые в приборах такого типа, позволяют автоматизировать все необходимые вычислительные процедуры. Кроме того, в ряде случаев оказывается возможным за счет схемотехнических решений проектировать измерительные приборы, которые могут прямо измерять искомые величины, трансформируя косвенные измерения в прямые (например измеритель отношения напряжений).

В качестве **третьего направления** можно отметить создание многофункциональных (комбинированных) измерительных приборов, выполняющих целый ряд функций и позволяющих измерять несколько физических величин. Примерами многофункциональных приборов являются, например, универсальные цифровые вольтметры и мультиметры, позволяющие измерять силу и напряжение постоянного и переменного токов, а также сопротивление. К третьему направлению автоматизации измерений относится и разработка панорамных измерительных приборов, в которых автоматизирован процесс измерения при исследовании зависимостей параметров сигналов или цепей от какого-либо аргумента (анализ спектра сигналов, исследование амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик радиотехни-

ческих цепей и устройств). С помощью панорамных приборов обеспечивается визуальное наблюдение зависимости определяемой характеристики от выбранного аргумента (чаще всего частоты) на экране осциллографического индикатора.

Измерительные приборы четвертого поколения – приборы с искусственным интеллектом – создаются на основе микропроцессоров и определяют **четвертое направление** в области автоматизации измерений.

Микропроцессорное СИ содержит встроенный микропроцессор, запрограммированный на выполнение определенных измерительных функций:

- автоматической установки пределов измерения,
- корректировки аддитивных и мультипликативных погрешностей;
- автоматического управления процессом уравнивания в приборах сравнения;
- первичной обработки данных;
- статистической обработки данных;
- обработки данных при определении контролируемых параметров по измеренным значениям и известным зависимостям, при учете нелинейности характеристик элементов, влияния параметров окружающей среды, а также сглаживания и аппроксимации полученных зависимостей;
- обработки данных по алгоритмам, реализующим метод измерения:
- регистрации данных в буферных регистраторах;
- визуализации и регистрации данных на осциллографах и дисплеях;
- диагностики функциональных узлов приборов;
- управления работой узлов, выполняющих отдельные функции измерительного преобразования;
- полного управления процессом измерения по заданной программе.

В приборах, входящих в измерительную систему, микропроцессоры используются также для связи приборов в единый комплекс; кодирования и декодирования данных, передаваемых по каналам связи; повышения надежности системы путем защиты данных от искажений, сжатия данных и других задач, характерных для информационно-измерительных систем.

**Пятым направлением** считают разработку измерительно-вычислительных комплексов (ИВК), в состав которых входят измерительные и вспомогательные устройства, управляемые от процессора, необходимые периферийные устройства и программное обеспечение.

В качестве **шестого** и самого, пожалуй, актуального **направления** автоматизации измерений можно считать создание информационно-измерительных систем (ИИС), принципы построения которых будут рассмотрены далее.

Основную тенденцию в дальнейшем развитии СИ электрических величин составляют приборы четвертого, пятого и шестого направлений.

Типовая схема автоматизированных измерений изображена на рисунке 3.9.

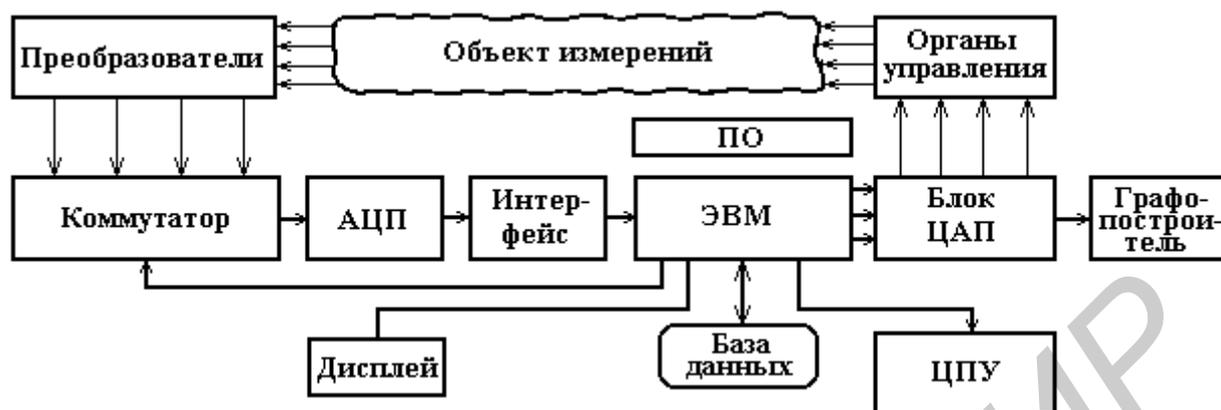


Рисунок 3.9 – Типовая схема автоматизированных измерений

Измеряемые ФВ, характеризующие объект измерений, поступают на преобразователи, а затем коммутируются с целью повышения эффективности использования схемы измерений при многоканальных измерениях. При этом опрос преобразователей можно организовать циклическим, если измеряемые параметры однородны и стационарны; программным, если сигналы стационарны, но неоднородны по спектру; адаптивным, если сигналы нестационарны.

Электрический сигнал с выбранного коммутатором преобразователя преобразуется в АЦП в цифровой код. Сопряжение измерительного канала с ЭВМ обеспечивает интерфейс. Далее измерительная информация подвергается обработке по заданной программе в ЭВМ и представляется в удобной форме на экране дисплея. База данных предназначена для хранения необходимой измерительной и справочной информации.

Если требуется представление результатов измерений в аналоговой форме, применяются цифроаналоговые преобразователи (ЦАП). Воздействие на объект измерения осуществляется с помощью органов управления.

В автоматизированных измерениях последовательность действий и в целом логика эксперимента формализуются в программном обеспечении; кроме того, наличие ЭВМ позволяет спланировать и провести дополнительно еще и вычислительный эксперимент.

Одним из средств сопряжения измерительной аппаратуры с ЭВМ является приборный интерфейс. Блок-схема ИИС, организованной на приборном интерфейсе, изображена на рисунке 3.10. Подобные системы принято называть измерительно-вычислительными комплексами.

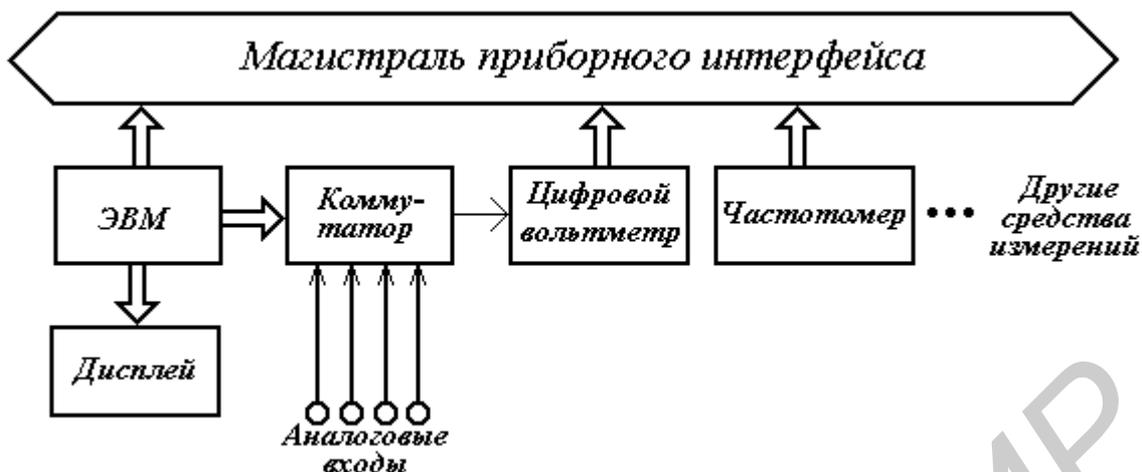


Рисунок 3.10 – Измерительная система с применением приборного интерфейса

Средством, объединяющим измерительные, вычислительные, управляющие устройства на собственной шине микроЭВМ, является компьютерно-измерительная система (КИС). Обобщенная структурная схема КИС представлена на рисунке 3.11.

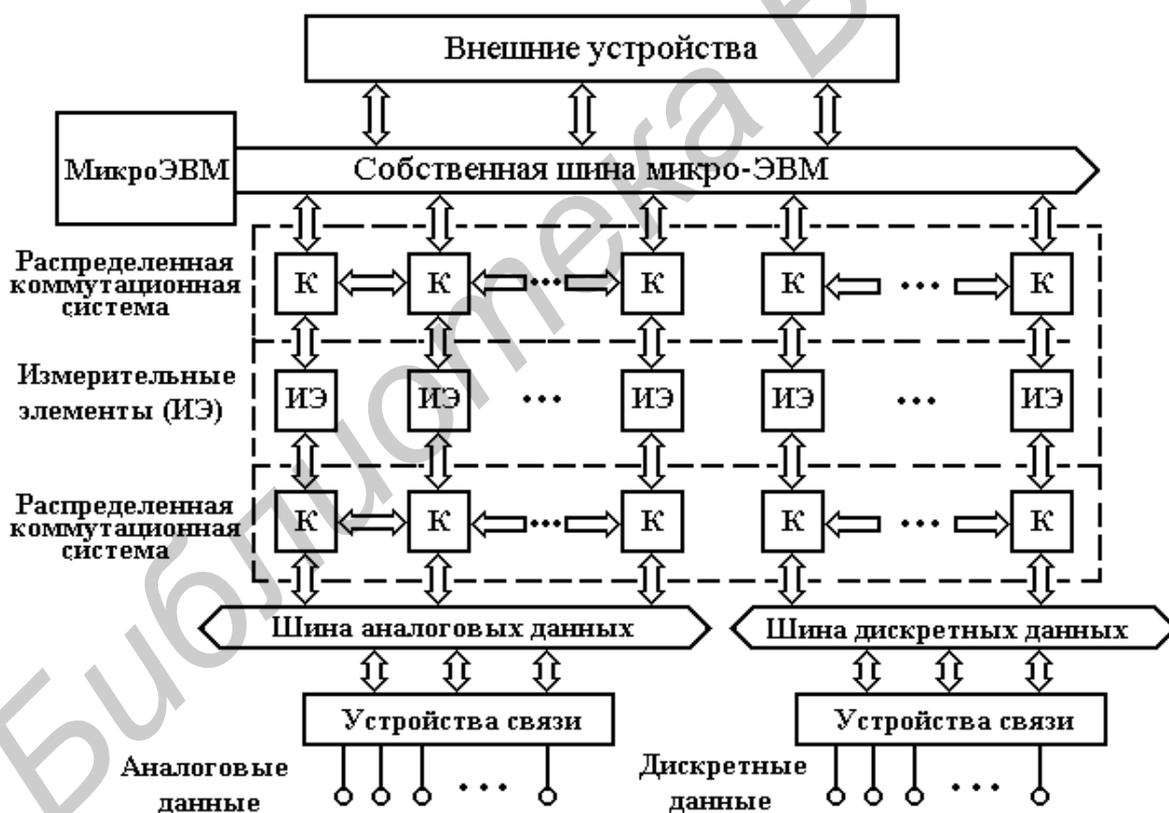


Рисунок 3.11 – Обобщенная структурная схема компьютерно-измерительной системы

Программное обеспечение КИС можно условно разделить на три уровня: аттестованные программы, прошедшие метрологическую аттестацию и допущенные к использованию с соответствующими КИС; программы, сшитые из модулей библиотечных программ; самостоятельные программы пользователей.

### 3.9 Контрольные задания

1 Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения силы тока, если измерения проводились магнитоэлектрическим амперметром класса точности  $\gamma = 1\%$  с нулем в начале шкалы и пределом измерения  $I_{\text{пр}} = 100$  мА. Результат измерения  $I = 56$  мА.

2 Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения напряжения, если измерения проводились магнитоэлектрическим вольтметром класса точности  $\gamma = 0,1\%$  с нулем в середине шкалы и пределом измерения  $U_{\text{пр}} = \pm 150$  В. Результат измерения  $U = 125$  В.

3 В процессе измерения тока в цепи получен результат  $I_x = 15$  мА. Определить методическую погрешность измерения и действительное значение тока  $I$ . Внутреннее сопротивление амперметра  $R_A = 100$  Ом, сопротивление нагрузки  $R_n = 160$  кОм, предел измерения силы тока  $I_{\text{пр}} = 30$  мА. Чему должно быть равно сопротивление шунта для расширения пределов измерения амперметра до 50 мА?

4 В процессе измерения напряжения в цепи получен результат  $U_x = 164$  В. Определить методическую погрешность измерения и действительное значение падения напряжения на резисторе  $R_n = 150$  кОм. Внутреннее сопротивление источника питания  $R_0 = 18$  кОм, входное сопротивление вольтметра  $R_V = 500$  кОм, предел измерения напряжения  $U_{\text{пр}} = 300$  В. Чему должно быть равно добавочное сопротивление для расширения пределов измерения вольтметра до 1000 В?

## 4 ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

### 4.1 Законодательная и правовая основы технического нормирования и стандартизации

Одним из эффективных средств управления экономикой, существенным звеном, соединяющим в единый процесс науку, технику и производство, является **стандартизация**. Являясь научным методом оптимизации номенклатуры и качества выпускаемой продукции в масштабах как отдельного государства, так и на международном уровне, она непосредственно влияет на повышение эффективности общественного производства и оказания услуг.

В переводе с английского **стандарт** (англ. *standard*) означает мерило, норму, образец, критерий, класс, уровень.

**Стандартизация** – деятельность по установлению для всеобщего и многократного применения технических требований (технических норм, правил и характеристик) в отношении постоянно повторяющихся задач, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в области разработки, производства, реализации, транспортирования, хранения и утилизации продукции и оказания услуг.

Стандарт является нормой общественно необходимых требований к качеству и безопасности продукции; в нем должны быть отражены передовой опыт в промышленности и новейшие достижения науки и техники, связанные с перспективами развития производства.

Стандартизации подлежит продукция, процесс, услуга, которые в равной степени относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, процедуре, функции, методу или деятельности. Наиболее традиционными объектами стандартизации являются продукция производственно-технического назначения и товары народного потребления. Услуга является объектом стандартизации независимо от того, предоставляется ли она населению или предприятиям и организациям. Сюда же можно отнести и образовательные услуги. Объектами стандартизации являются также типовые технологические процессы, формы и методы организации труда и производства, правила выполнения производственных и контрольных операций, правила транспортирования и хранения продукции, правила оформления и обращения документации и т. д.

Стандартизация как наука о методах и средствах унификации выявляет, обобщает и формулирует закономерности деятельности в целом и по отдельным направлениям. Развитие стандартизации как науки помогает улучшать систему организации этой деятельности и способствует совершенствованию практических работ в этой области. Практическое направление стандартизации заключается в установлении и применении правил, норм и требований, обеспечивающих оптимальное решение повторяющихся задач в сферах общественного производства и социальной жизни. Стандартизация как *система управления* практической деятельностью осуществляется в Республике Беларусь на основе системы технического нормирования, являющейся частью системы планового государственного управления. Она опирается на комплекс технических нормативных правовых актов (ТНПА), устанавливающих взаимосвязанные требования по организации и методике выполнения практических работ. В социальной жизни объектами стандартизации являются охрана труда и здоровья населения, охрана и улучшение природной среды обитания человека, рациональное использование природных ресурсов, средства информации и взаимодействия людей.

Стандартизация осуществляется на различных уровнях, которые определяются в зависимости от географического, политического или экономического признака.

Если участие в стандартизации открыто для соответствующих органов всех стран мира, то это – *международная* стандартизация.

*Региональная* стандартизация – стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов стран только одного географического, политического или экономического района. Международная и региональная стандартизации осуществляются уполномоченными представителями стран в соответствующих международных и региональных организациях, занимающихся стандартизацией.

*Межгосударственная стандартизация* – региональная стандартизация, проводимая на уровне Содружества Независимых Государств (СНГ).

*Национальная стандартизация* – стандартизация, которая проводится в рамках одной конкретной страны.

В свою очередь национальная стандартизация может осуществляться на разных уровнях: государственном, отраслевом, на уровне организации (отдельного предприятия, фирмы, юридического лица или индивидуального предпринимателя).

Под **техническим нормированием** понимают деятельность по установлению обязательных для соблюдения технических требований, связанных с безопасностью продукции и ее жизненного цикла. Результатом проведения работ по техническому нормированию и стандартизации являются **технические нормативные документы** и **технические нормативные правовые акты (ТНПА)**.

**Технический нормативный документ (ТНД)** – документ, подготовленный в установленном порядке, имеющий соответствующее обозначение, являющийся результатом технического нормирования или стандартизации.

Совокупность ТНПА, субъектов, а также правил и процедур функционирования системы технического нормирования и стандартизации в целом составляют **Систему технического нормирования и стандартизации (Систему ТНис)**.

Правовыми основами работ по стандартизации и техническому нормированию в Республике Беларусь являются международные нормативные документы; региональные нормативные акты и документы; законодательство Республики Беларусь о техническом нормировании и стандартизации (на основе Конституции и нормативных правовых актов). Основу законодательства Республики Беларусь составляют следующие нормативные правовые акты:

– Закон Республики Беларусь №262-З от 5 января 2004 г. «О техническом нормировании и стандартизации»;

– Закон Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в некоторые Законы Республики Беларусь по вопросам технического нормирования, стандартизации и оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации»;

– Закон Республики Беларусь №321-З от 1 ноября 2004 г. «О нормативных правовых актах Республики Беларусь»;

– Указ Президента Республики Беларусь №318 от 16 июля 2007 г. «О порядке доведения до всеобщего сведения технических нормативных правовых актов»;

– Постановление Совета Министров Республики Беларусь №981 от 31 июля 2006 г. «Положение о Государственном комитете по стандартизации Республики Беларусь»;

– Постановление Совета Министров Республики Беларусь №16 от 8 января 2008 г. «О Национальном фонде технических нормативных правовых актов».

Основополагающим в этом списке является Закон Республики Беларусь №262-З от 5 января 2004 г. «О техническом нормировании и стандартизации».

Настоящий закон регулирует отношения, возникающие при разработке, утверждении и применении технических требований к продукции, процессам ее

разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказании услуг, определяет правовые и организационные основы ТНиС. Он направлен на обеспечение единой государственной политики в этой области.

Введение в действие данного закона повлекло за собой необходимость приведения в соответствие с ним 48 законов и кодексов. С этой целью в 2006 г. был принят Закон Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в некоторые Законы Республики Беларусь по вопросам технического нормирования, стандартизации и оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации». Вносимые изменения и дополнения обусловлены новой терминологией, расширением состава ТНПА в области ТНиС, изменением статуса государственных стандартов, новыми подходами к оценке соответствия.

Целью ТНиС является обеспечение защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды; повышения конкурентоспособности продукции (услуг); технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции; единства измерений; национальной безопасности; устранения технических барьеров в торговле; рационального использования ресурсов.

#### **4.2 Классификация и виды технических нормативных правовых актов**

На рисунке 4.1 представлена классификация ТНПА в широком смысле в соответствии с Законом Республики Беларусь «О нормативных правовых актах».

К ТНПА в области ТНиС относятся технические регламенты (ТР); технические кодексы установившейся практики (ТКП); государственные стандарты (СТБ, ГОСТ); стандарты организаций (СТО); технические условия (ТУ).

В свою очередь стандарты в зависимости от уровня их принятия можно разделить следующим образом:

- международные;
- региональные (включая межгосударственные);
- государственные (включая предварительные);
- стандарты предприятий.

**Технический регламент (ТР)** – это утвержденный (принятый в установленном порядке) ТНД, являющийся результатом технического нормирования, устанавливающий непосредственно и (или) путем ссылки на технические кодексы, государственные стандарты обязательные для соблюдения технические требования (технические нормы, правила и характеристики).

## Технические нормативные правовые акты (ТНПА)

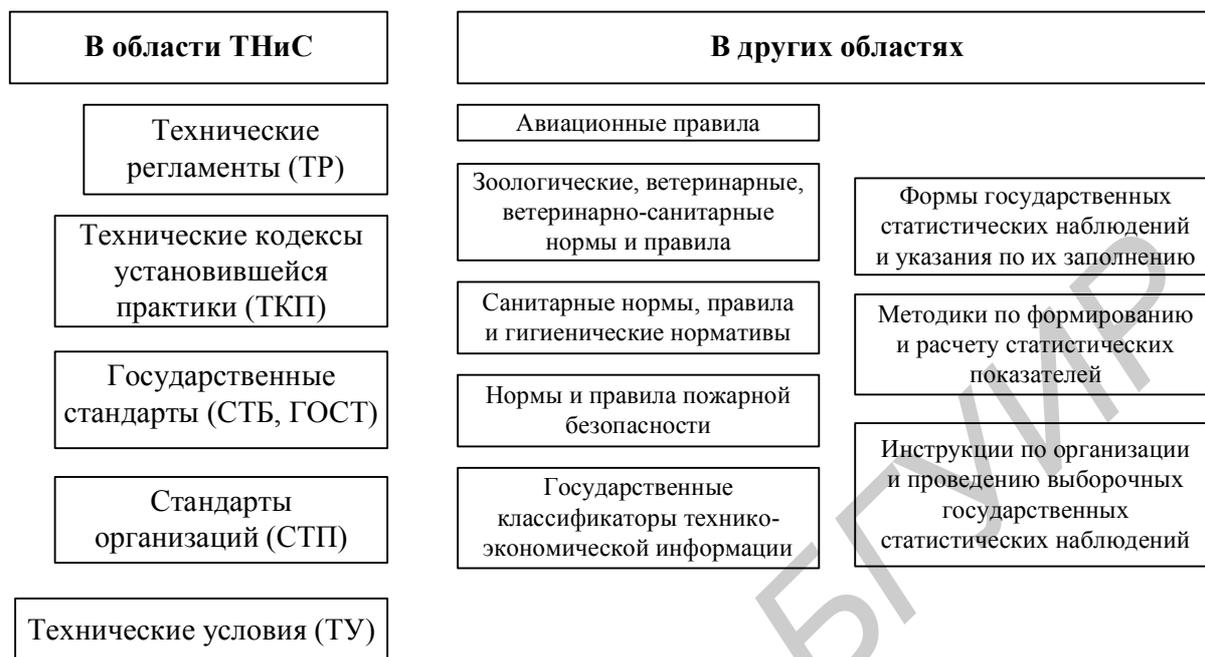


Рисунок 4.1 – Классификация ТНПА

ТР разрабатываются **только** в следующих целях:

- защиты жизни, здоровья и наследственности человека;
- защиты имущества;
- охраны окружающей среды;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции и услуг относительно их назначения, качества или безопасности.

**Разработка ТР в иных целях не допускается.**

ТР должен содержать:

- обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью на всех этапах жизненного цикла продукции;
- исчерпывающий перечень объектов технического нормирования, в отношении которых устанавливаются эти требования;
- административные положения, соответствие которым является обязательным.

ТР также может содержать:

- правила и формы подтверждения соответствия (включая методики контроля, испытаний, измерений) каждого объекта технического нормирования требованиям ТР;
- правила маркировки объектов технического нормирования, подтверждающие соответствие их ТР;
- требования к порядку осуществления государственного надзора за соблюдением положений, приведенных в ТР.

ТР разрабатываются на укрупненные объекты технического нормирования, к которым отнесены следующие группы однородной продукции:

- машиностроительная (механические транспортные средства, прицепы, тракторы, транспорт, оборудование, лифты, электромагнитная совместимость технических объектов, средства электросвязи, медицинское оборудование, средства индивидуальной защиты и т. п.);

- пищевая и сельскохозяйственная;

- химическая и фармацевтическая;

- продукция деревообработки;

- строительная;

- потребительская (продукция легкой промышленности, парфюмерно-косметическая);

- упаковка;

- услуги;

- общетехническая группа (обеспечение единства измерений и подтверждения соответствия).

Разработка ТР осуществляется республиканскими органами государственного управления в пределах предоставленных им полномочий в соответствии с Программой разработки первоочередных ТР и взаимосвязанных с ними государственных стандартов.

При разработке ТР используются соответствующие международные и межгосударственные (региональные) ТР, стандарты, нормы, требования и другие документы за исключением случаев, когда такие документы могут быть непригодными или неэффективными для обеспечения национальной безопасности, включая экономическую и промышленную безопасность; защиты жизни и здоровья граждан; охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и энергосбережения; предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей товаров и услуг относительно их назначения, качества или безопасности.

ТР применяется одинаковым образом и в равной степени независимо от страны происхождения продукции. Требования утвержденного ТР являются **обязательными** для соблюдения всеми субъектами ТНис. Исключение составляет изготовление продукции на экспорт. Применение ТР осуществляется включением его требований в техническую документацию; ссылки на него; выполнения требований ТР с последующим заявлением об этом в технической документации.

**Государственная регистрация ТР** осуществляется Госстандартом, в процессе которой регламенту присваивают обозначение, состоящее из индекса «ТР», года утверждения регламента, порядкового регистрационного номера (три цифры), принадлежности к стране – ВУ. Каждая позиция отделена косой чертой. Например, ТР/2007/001/ВУ «Низковольтное оборудование. Безопасность».

**Технический кодекс установившейся практики (ТКП)** – утвержденный (принятый) в установленном порядке ТНД, являющийся результатом стандартизации и содержащий технические правила или процедуры проектирования

(разработки), изготовления, монтажа, технического обслуживания, эксплуатации, утилизации, основанные на результатах установившейся практики.

ТКП разрабатываются с целью реализации требований ТР, а также повышения качества процессов на всех этапах жизненного цикла продукции или оказания услуг.

Разработка ТКП осуществляется республиканскими органами государственного управления либо по их поручению уполномоченными ими организациями, техническими комитетами по стандартизации. В разработке ТКП могут принимать участие юридические и физические лица, включая иностранных граждан. **Технические требования, содержащиеся в ТКП, не должны противоречить требованиям ТР.**

Обязательность применения ТКП устанавливают органы государственного управления.

В процессе государственной регистрации техническому кодексу присваивают обозначение, состоящее из индекса «ТКП», порядкового регистрационного номера, года утверждения и в скобках кода республиканского органа государственного управления, утвердившего ТКП. Код органа государственного управления соответствует Общегосударственному классификатору ОКРБ 004-2001 «Органы государственной власти и управления». Например, ТКП 43-2004 (09170) или ТКП 11.05.01-2004 (02300).

**Стандарт** – это утвержденный (принятый) в установленном порядке ТНД, являющийся результатом стандартизации, разработанный на основе общего согласия, которое характеризуется отсутствием разногласий у большинства заинтересованных сторон, содержащий технические требования (технические нормы, правила, характеристики).

**Государственный стандарт Республики Беларусь** – это стандарт, утвержденный Госстандартом Республики Беларусь.

Государственные стандарты в зависимости от объекта стандартизации содержат:

- требования к продукции (товару, услуге), деятельности и процессам, в результате которых она создается, эксплуатируется, утилизируется;
- требования к технологической и информационной совместимости, основные потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции, методы их контроля, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению, применению и утилизации продукции;
- правила оформления технической документации, общие правила обеспечения качества продукции (услуг);
- термины и определения, условные обозначения, метрологические и другие общетехнические и организационно-методические правила и нормы.

Разработку государственных стандартов осуществляют, как правило, технические комитеты (ТК) по стандартизации, головные и базовые организации по стандартизации, ведущие научно-исследовательские институты, организации, любые заинтересованные юридические и физические лица, включая иностранные, имеющие опыт работы в стандартизируемой области деятельности.

**Требования, приведенные в государственных стандартах, не должны противоречить требованиям ТР, законодательных актов и имеют добровольный характер применения.**

Кроме этого, есть некоторые особенности применения государственных стандартов:

– если в ТР дана ссылка на государственный стандарт, то положения этого стандарта становятся обязательными для соблюдения всеми субъектами ТНиС;

– если производитель или поставщик продукции в добровольном порядке применил государственный стандарт и заявил о соответствии ему своей продукции, то соблюдение требований этого государственного стандарта для них становится обязательным;

– если продукция сертифицирована на соответствие требованиям государственного стандарта, в том числе добровольно, то соблюдение требований этого стандарта для производителя становится обязательным.

Совокупность стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к объектам, называется **системой стандартов** (группой стандартов).

Утверждение и государственную регистрацию стандарта осуществляет Госстандарт. В результате регистрации стандарту присваивается обозначение, состоящее из индекса «СТБ», отделенного от него пробелом порядкового регистрационного номера, и через тире – года утверждения стандарта (СТБ 1248-2000). Если государственный стандарт входит в систему стандартов, то первые цифры с точкой обозначают порядковый номер системы стандартов: СТБ 4.227-2003 или СТБ 50.13-2003.

Современное развитие стандартизации потребовало расширить категории ТНПА. С этой целью в международной практике предусмотрен предварительный стандарт. В соответствии с СТБ 1500 **предварительный государственный стандарт Республики Беларусь (СТБ П)** – ТНПА, который временно принят органом, занимающимся стандартизацией (Госстандартом), и доведен до широкого круга потребителей с целью накопления в процессе его применения необходимого опыта.

СТБ П разрабатывается в следующих целях:

– ускорения внедрения в экономику Республики Беларусь международных, региональных и национальных стандартов промышленно развитых стран;

– ускорения внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

– устранения принципиальных разногласий при разработке проекта государственного стандарта;

– для накопления необходимого опыта и информации в процессе применения предварительной редакции стандарта.

Срок действия СТБ П не должен превышать двух лет и не подлежит продлению.

Обозначение предварительного стандарта состоит из индекса «СТБ П», регистрационного номера и года утверждения (СТБ П ХХХХ-2001).

В отдельную категорию можно выделить стандарты, действовавшие в Советском Союзе и утвержденные в установленном порядке в качестве межгосударственных. Обозначаются они следующим образом: ГОСТ X.XXXXXX-XX. Здесь цифра перед точкой обозначает систему стандарта, далее после точки следует регистрационный номер стандарта, а после тире – две последние цифры года утверждения стандарта.

Для объектов стандартизации, область распространения которых ограничивается только одним юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, разрабатываются стандарты организации. **Стандарт организации** – стандарт, утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, область распространения которого ограничивается сферой деятельности юридического лица или индивидуального предпринимателя.

Порядок разработки, утверждения, введения в действие, учета, изменения, отмены и издания стандартов организаций, а также опубликования информации о них устанавливается руководством организации. Технические требования, приведенные в СТП, распространяются и являются обязательными только в пределах данного предприятия; они не должны противоречить требованиям ТР.

СТП на поставляемую предприятием продукцию не разрабатываются. СТП утверждают, как правило, без ограничения срока действия. По решению руководства организации срок действия стандарта предприятия может быть ограничен.

**Технические условия (ТУ)** – утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем ТНД, содержащий комплекс требований, включая правила приемки и методы контроля, к конкретным типу, марке, модели, виду реализуемой продукции (оказываемой услуге) [7]. Объектом ТУ является конечный продукт – в отличие от стандарта, который может распространяться не только на конечный продукт, но и на отдельные его аспекты – маркировку, правила приемки, отдельные требования (требования безопасности и т. д.). Наиболее широко ТУ применяются в рамках договорных отношений между товаропроизводителями и потребителями продукции, а также торгующими организациями.

Если в стандарте чаще всего приводятся требования к продукции широкого, межотраслевого и массового применения на основе достигнутого согласия всех заинтересованных сторон, то в ТУ отражаются особенности конкретной марки, модели, вида продукции и конкретной технологии ее изготовления.

ТУ, как правило, появляются в результате разработки новой продукции, требования к которой еще не регламентированы в стандартах. Впоследствии эти ТУ могут служить основой для разработки государственных стандартов.

В результате государственной регистрации, которую осуществляет Госстандарт, ТУ присваивается обозначение, включающее индекс вида ТНПА – «ТУ»; международный буквенный код Республики Беларусь «BY»; код держателя подлинника ТУ по Единому государственному регистру юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (девять знаков); порядковый регистрационный номер ТУ у держателя подлинника (три знака); четыре цифры года утверждения (ТУ BY 300393175.008-2005).

Но при этом не все ТУ подлежат регистрации. Исключение составляют ТУ на опытные образцы и опытные партии (за исключением продуктов питания); технологические промышленные и бытовые отходы сырья, материалов, полуфабрикатов; составные части изделия, полуфабрикаты, вещества и материалы, не предназначенные к самостоятельной поставке; единичную продукцию; простейшие товары народного потребления.

### 4.3 Международная стандартизация

Важнейший этап интеграции в мировую экономику будет присоединение Республики Беларусь к Всемирной торговой организации (ВТО), которое предоставит стране возможность получения более благоприятных условий доступа на мировые рынки товаров и услуг, устранения барьеров в торговле, а также участия в международной торговой политике при разработке новых правил международной торговли.

Работа по присоединению к ВТО представляет собой комплекс мероприятий, включающий, в частности, адаптацию внешнеторгового режима страны к требованиям организации.

Участие в ВТО предполагает в качестве одного из шагов гармонизацию требований национальных стандартов с требованиями ТНПА, действующими на уровне международной стандартизации.

Начало международной стандартизации относится к 1875 г., когда согласно подписанной в Париже конвенции были организованы Международная комиссия мер и весов, Международное бюро мер и весов и Международная конференция мер и весов.

В настоящее время процесс добровольной стандартизации на международном уровне координируют три организации:

- Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization) **ISO (ИСО)**;
- Международная электротехническая комиссия **IEC (МЭК)**;
- Международный союз электросвязи **ITU (МСЭ)**.

Эти три организации образуют обширную инфраструктуру, которая охватывает стандартизацию на национальном, региональном и международном уровнях. Эта глобальная система связана соглашениями о сотрудничестве между ISO, IEC и ITU.

ISO и IEC формируют специализированную систему международной стандартизации.

**ISO (ИСО)** ([www.iso.org](http://www.iso.org)) представляет собой самое крупное объединение стандартизирующих организаций; в ее работе принимает участие 158 национальных органов по стандартизации промышленно развитых и развивающихся стран всех регионов мира. Штаб-квартира расположена в Швейцарии. ISO является крупнейшей неправительственной организацией по разработке стандартов.

ИСО создана в 1945 г. двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации.

ИСО является самым крупным в мире разработчиком стандартов во всех областях, кроме электротехники и электроники. С 1947 г. по настоящее время ИСО разработано более шестнадцати тысяч международных стандартов, касающихся в основном требований безопасности, взаимозаменяемости, технической совместимости, методов испытаний и других общих и методических вопросов. Официальные языки, на которых публикуются стандарты ISO, – английский, французский и русский.

Основной задачей организации является повсеместное содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности с целью международного обмена товарами и услугами, укрепления сотрудничества в сфере интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

В структуру ISO входят руководящие и рабочие органы. Руководящими органами являются Генеральная ассамблея (высший орган), Совет, Техническое руководящее бюро и Центральный секретариат. Рабочими органами являются около 200 технических комитетов (ТК), 500 подкомитетов (ПК), 2000 рабочих групп (РГ).

Высшим управляющим органом ISO, определяющим ее политику, является Генеральная ассамблея – собрание должностных лиц и делегатов-членов ISO. В перерывах между сессиями Генеральной ассамблеи работой ISO руководит Совет. Совету ISO подчиняются три комитета, обеспечивающих разработку генеральной политики организации: **CASCO** (комитет по оценке соответствия); **COPOLCO** (комитет по защите интересов потребителей); **DEVCO** (комитет по оказанию помощи развивающимся странам).

**CASCO (Committee on conformity assessment)** занимается вопросами подтверждения соответствия продукции, услуг, процессов и систем качества требованиям стандартов, изучая практику этой деятельности и анализируя информацию. **COPOLCO (Committee on consumer policy)** изучает вопросы обеспечения интересов потребителей и возможности содействия этому через стандартизацию; составляет программы по обучению в области стандартизации. **DEVCO (Committee on developing country matters)** изучает запросы развивающихся стран в области стандартизации и разрабатывает рекомендации по содействию этим странам.

Ближайшими партнерами ISO в разработке международных стандартов являются Международная электротехническая комиссия и Международный союз электросвязи. Все три организации тесно сотрудничают со Всемирной торговой организацией.

**Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission, IEC)** – это неправительственная научно-техническая организация, ответственная за стандартизацию в области электротехники, электроники и телекоммуникаций, в том числе используемых для работы в сфере информационных технологий. В настоящее время в состав IEC входит 67 стран. Штаб-квартира IEC расположена в Швейцарии. Республика Беларусь является членом IEC с 1993 г.

IEC основана в 1906 г. решением Международного электротехнического конгресса (Сент-Луис, США, 1904 г.).

Основная цель ИЕС определена ее уставом и заключается в содействии международному сотрудничеству путем разработки международных стандартов в областях электрорадиотехники и электроники; радиосвязи; приборостроения; производства и распределения энергии; терминологии и символов; электромагнитной совместимости; измерений; безопасности и защиты окружающей среды.

Большое значение ИЕС уделяет эффективному распространению и использованию современных наукоемких технологий.

Высшим руководящим органом ИЕС является Совет. К руководящим органам также относятся Руководящий Совет, осуществляющий на практике политику Совета ИЕС; Исполнительный комитет, проводящий в жизнь решения Совета и Руководящего Совета; Центральное бюро, обеспечивающее управление, разработку, рассылку и публикацию документов; Бюро по управлению стандартизацией, руководящее работами ИЕС по стандартизации.

Рабочими органами являются 178 ТК и ПК, около 450 РГ. В них представлены эксперты всего мира, в том числе представители промышленности, торговых и правительственных организаций, науки, заинтересованные лица.

ИЕС сотрудничает с ISO, совместно разрабатывая Руководства ISO/ИЕС и Директивы ISO/ИЕС по актуальным вопросам и методам стандартизации, сертификации, аккредитации испытательных лабораторий. Объединенный программный комитет ISO/ИЕС занимается планированием и распределением ответственности двух организаций по вопросам, касающимся смежных областей деятельности.

По содержанию международные стандарты ИЕС содержат более конкретные требования, чем стандарты ISO. Обозначения стандартов ИЕС имеют следующий вид: ИЕС 60411 «Графические символы». Стандарты, созданные совместно с ISO, имеют свои обозначения, например ISO/ИЕС 7498-1:1994 Open Systems Interconnection: Basic Reference Model.

Официальные языки, на которых публикуются стандарты ИЕС, – английский, французский и русский.

В области информационных технологий ISO и ИЕС создали совместный ТК JTC ISO/ИЕС 1 (СТК ИСО/МЭК 1). За время своего существования этим ТК опубликовано более 1400 стандартов, касающихся информационных технологий. В первых стандартах определялась компьютерная среда, языки программирования, базы данных, системы и устройства взаимодействия. Впоследствии были разработаны стандарты JTC 1/SC 23 «Среда цифрового хранения для информационного обмена», JTC 1/SC 29 «Кодирование аудио-, видео-, мультимедиа-, гипермедиаинформации», JTC 1/SC 17 «Карточки и персональная идентификация». За последние несколько лет разработаны стандарты в сфере банковских и финансовых услуг.

Кроме международных стандартов, ISO и ИЕС разрабатывают следующие международные документы по стандартизации:

– **TS (Technical Specification)** – технические требования (условия), представляющие собой международный документ, согласованный только на уровне членов ТК или ПК и одобренный не менее 2/3 голосов;

- **PAS (Publicly Available Specification)** – общедоступные технические требования (условия), являющиеся международным документом, согласованным на уровне РГ и одобренным не менее 50 % голосов ТК или ПК;
- **TR (Technical Report)** – технический отчет;
- **Guide** – руководство, содержащее правила или рекомендации по международной стандартизации;
- **ТТА (Technology Trend Assessment)** – оценка тенденций развития технологий, включающая вопросы стандартизации на ранних стадиях развития новых отраслей;
- **ITA (Industrial Technical Agreement)** – промышленное техническое соглашение, представляющее собой международный документ технического или информационного характера, отражающий характеристики новой продукции или оказание услуг;
- **IWA (International Workshop Agreement)** – международное практическое соглашение, подготовленное в рамках проведения практических семинаров для удовлетворения актуальных рыночных требований. IWA разрабатывается только ISO.

**Международный союз электросвязи ITU (International Telecommunication Union, [www.itu.int](http://www.itu.int))** – это организация, в рамках которой правительствами государств и частным сектором экономики координируются глобальные сети и услуги электросвязи. Основанный в Париже в 1865 г. как Международный телеграфный союз ITU получил свое нынешнее название в 1934 г. Сейчас ITU является ведущим учреждением ООН в области информационно-коммуникационных технологий. Деятельность ITU призвана содействовать развитию и продуктивной эксплуатации средств телекоммуникаций в целях повышения эффективности услуг электросвязи и их доступности для населения, распространению телекоммуникаций в глобальной информационной экономике и обществе, оказанию технической помощи развивающимся странам в сфере электросвязи, расширению доступа к преимуществам новых технологий для населения всей Земли.

В состав ITU входят представители 191 государства. Это преимущественно крупнейшие американские, западноевропейские и транснациональные корпорации, работающие в сферах производства компьютерной техники, программного обеспечения, телекоммуникационных средств и предоставления телекоммуникационных услуг.

Руководящий орган ITU – Полномочная конференция, созываемая раз в четыре года, которая избирает Совет ITU в составе 46 членов и ежегодно проводит свои заседания.

Сеть общедоступных в Интернете серверов организаций по стандартизации представляет собой **Всемирная служба стандартов (World Standards Services Network, WSSN, [www.wssn.net](http://www.wssn.net))**, которая была разработана и поддерживается исключительно в информационных целях.

Кроме того, в международной стандартизации участвуют следующие организации: Международная организация мер и весов (МОМВ), Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ).

На европейском уровне координация работ по стандартизации в области информатики и радиоэлектроники осуществляется тремя организациями, деятельность которых связана соглашениями о сотрудничестве:

- Европейский комитет по стандартизации CEN (СЕН);
- Европейский комитет по стандартизации в электротехнике CENELEC (СЕНЕЛЕК);
- Европейский институт телекоммуникационных стандартов ETSI (ЕТСИ).

К региональным организациям по стандартизации можно отнести Международную ассоциацию стран Юго-Восточной Азии (ASEAN), Панамериканский комитет стандартов (COPAN).

Стандартизация в рамках СНГ осуществляется Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). МГС является межправительственным органом СНГ по формированию и проведению согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации. В соответствии с Резолюцией Совета ИСО 26/1996 МГС признан региональной организацией по стандартизации как Евразийский Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (EASC).

В качестве государственных могут быть приняты стандарты международных и региональных организаций по стандартизации, членом которых является Республика Беларусь, или при наличии соглашения с организацией, принявшей стандарт, а также национальные стандарты другого государства при наличии разрешения от национальной организации по стандартизации.

В качестве государственных стандартов Республики Беларусь принимаются стандарты ISO, IEC, ЕЭК ООН (Правила ЕЭК ООН), CEN (EN), государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р).

Технические требования (TS), общедоступные технические требования (PAS), технические отчеты (TR), руководства (Guide), оценку тенденций развития технологий (ТТА), промышленные технические соглашения (ИТА), международные практические соглашения (IWA) необходимо принимать в качестве государственных стандартов или ТКП.

При принятии международного стандарта (документа) в электронном виде на языке *html* разработчик готовит государственный стандарт в виде текстового файла (в формате *doc*) на языке *html*\*

Текстовый файл предназначен для опубликования в виде официального печатного издания, а на языке *html* – для издания в электронном виде.

ТКП 1.9 устанавливает требования к обозначению государственных стандартов и технических кодексов с идентичной и модифицированной степенью соответствия, а также требования к обозначению их проектов.

Обозначение международного стандарта, входящее в обозначение принятого на его основе государственного стандарта, приводится на официальном языке оригинала, с которого осуществлен официальный перевод (ТКП 1.9).

Если государственный стандарт идентичен международному, то его обозначение состоит из индекса СТБ, обозначения международного стандарта (без года

его принятия), года утверждения государственного стандарта (СТБ ISO 12341-2007).

Если идентичный государственный стандарт входит в систему государственных стандартов, однако в этой системе применены не все части международного стандарта, то после обозначения государственного стандарта, входящего в систему, ставят тире, год его утверждения, обозначение примененной части международного стандарта и год его принятия. В этом случае обозначение международного стандарта отделяют от обозначения государственного косой чертой и записывают в одну строку (СТБ 24445.4-2000/ISO 1389-10:1977).

Если государственный стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту, то обозначение состоит из индекса «СТБ», регистрационного номера, года утверждения государственного стандарта, отделенного тире, и приведенного в скобках обозначения международного стандарта с годом его принятия через двоеточие (СТБ 12344-2005 (ISO 1238:1998)).

#### 4.4 Стандартизация информационных технологий

Информационные технологии (ИТ, от англ. *Information Technology*, ИТ) объединяют широкий класс дисциплин и областей деятельности, относящихся к технологиям управления и обработки данных, в том числе с применением вычислительной техники. Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, ИТ – это комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации, вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Первым шагом на пути внедрения ИТ во все направления деятельности стандартизации явилось создание информационно-поисковой системы ИПС «Стандарт». Далее была создана система электронного голосования (СЭГ), позволяющая осуществлять электронный обмен информацией при разработке, принятии и подготовке к изданию проектов межгосударственных стандартов.

Современное понятие **информационно-коммуникационных технологий (ИКТ)** определяют как совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку с целью сбора, обработки, хранения, распространения и использования информации в интересах ее пользователя.

Первые шаги в организации единого информационного пространства были предприняты в 80-х гг. XX в. в оборонном комплексе США в связи с возникшей необходимостью обеспечения оперативного обмена данными между заказчиком, производителем и потребителем вооружений и военной техники, а также повышения эффективности управления, сокращения бумажного документооборота и связанных с ним затрат. Предварительно эти технологии (так называемые **CALS-технологии**) внедрялись только в военном деле, но доказав

свою эффективность, эта концепция начала распространяться в промышленности, строительстве, транспорте, охватывая все этапы жизненного цикла продукции – от маркетинга до утилизации. Изначально аббревиатура CALS расшифровывалась как *Computer Aided Logistic Support* – компьютерная поддержка поставок. С внедрением этой технологии в другие области аббревиатура сохранилась, но трактовка ее стала более широкой: *Continuous Acquisition and Life Cycle Support* – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта. В настоящее время существует 25 национальных организаций, координирующих вопросы CALS-технологий.

К новым поколениям ИКТ относятся системы автоматической обработки текстов и речи, расчетно-логические и экспертные системы, интеллектуальные системы для использования в управлении, проектировании, обучении, CALS-технологии непрерывной информационной поддержки жизненного цикла продукции.

При создании интегрированных систем, появлении новых поколений технических устройств и программного обеспечения, при их серийном производстве возникает проблема совместимости, в том числе функциональной, технических, информационных и коммуникационных средств. Эту проблему решает **методология открытых систем**, поддерживаемая в настоящее время крупными разработчиками и изготовителями средств вычислительной техники и средств связи, например таких, как Hewlett-Packard, IBM, Sun Microsystems.

**Открытая система** представляет собой исчерпывающий и согласованный набор стандартов ИКТ и функциональных стандартов профилей, которые устанавливают требования к интерфейсам, службам и поддерживающим форматам, чтобы обеспечить совместимость и мобильность приложений, данных и персонала. К ее достоинствам можно отнести сохранение вложенных ранее инвестиций при построении информационных систем для различных аппаратных и программных средств; обеспечение взаимосвязи, расширяемости, мобильности и совместимости систем, прикладного программного обеспечения и данных.

Вопросами методологии открытых систем занимается ряд организаций. На мировом уровне это совместный технический комитет ИСО, в Европе – Европейская рабочая группа по открытым системам, в США – Национальный институт стандартов и технологий.

Сущность методологии открытых систем состоит в том, что при построении систем стыковку обеспечивают стандартные интерфейсы между всеми компонентами систем.

Методология открытых систем поддерживается крупными компаниями-разработчиками и производителями техники и средств телекоммуникаций (Digital, Hewlett-Packard, IBM, Sun Microsystems), компаниями-пользователями информационных систем и компаниями-интеграторами, занимающимися созданием, развитием и поддержкой информационных систем.

Важнейшим понятием методологии открытых систем служит **профиль** – набор согласованных между собой базовых стандартов для конкретного применения. Создание профиля является обязательным этапом при построении систем, от-

вечающих принципам открытости. Он служит эталоном при проверке (сертификации) системы и ее компонентов на соответствие требованиям открытости.

Стандарты в области ИКТ содержат требования к средствам вычислительной техники и сетям, информационному обеспечению и базам данных, программному обеспечению, информационным системам. К ним относятся стандарты жизненного цикла, взаимосвязи открытых систем, среды открытых систем, а также стандарты на документацию программного обеспечения и сферу безопасности ИКТ.

В настоящее время в Республике Беларусь действует около 400 стандартов, регламентирующих деятельность по двум направлениям: безопасность информации и CALS-технологии.

CALS-технология является информационной интеграцией всех процессов жизненного цикла изделий с целью минимизации затрат, повышения качества и конкурентоспособности.

В первую очередь деятельность в этой области регламентируют такие международные стандарты, как:

- стандарты серии ИСО 10303 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными»;
- стандарты серии ИСО 13584 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Библиотека деталей».

Стандарты указанных серий содержат конкретные требования к представлению в электронном виде различных типов данных об изделии (состав, структура, чертежи, геометрические модели и т. д.), а также методики испытаний соответствующих программно-технических решений.

В 2003 г. в Республике Беларусь принято 16 гармонизированных государственных стандартов, применение которых будет способствовать повышению безопасности ИКТ. В их число входят следующие стандарты:

- СТБ ИСО/МЭК 3126-2003 «ИТ. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководство по их применению»;
- СТБ ИСО/МЭК 9594-1-2003 «ИТ. Взаимосвязь открытых систем. Справочник. Часть 1. Общее описание принципов моделей услуги»;
- СТБ ИСО/МЭК 12119-2003 «ИТ. Пакеты программ. Требования к качеству тестирования»;
- СТБ ИСО/МЭК 12207-2003 «ИТ. Процессы жизненного цикла программных средств»;
- СТБ ИСО/МЭК 14764-2003 «ИТ. Сопровождение программных средств»;
- СТБ ИСО/МЭК 15026-2003 «ИТ. Уровни целостности систем и программных средств»;
- СТБ ИСО/МЭК ТО 9294-2003 «ИТ. Руководство по управлению документированием программного обеспечения»;
- СТБ ИСО/МЭК ТО 12182-2003 «ИТ. Классификация программных средств».

В условиях необходимости обеспечения доступа участников использования CALS-технологий к самым разнообразным информационным массивам (базам данных), составляющих в большинстве случаев государственную или коммерческую тайну, применение CALS предполагает обеспечение информационной безопасности на основе передовых методов и средств защиты информации.

Применение CALS-технологий предусматривает широкий обмен документами между участниками работ, что предполагает в обязательном порядке обеспечение подтверждения целостности документов и аутентификацию подписи. При этом нормативное обеспечение в области информационной безопасности и требований к электронной цифровой подписи на документах при реализации CALS-технологий должно базироваться на основных положениях защиты информации при использовании современных информационных технологий.

Развитие CALS-технологий должно привести к появлению так называемых виртуальных производств, в которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организационно автономными проектными организациями. Среди несомненных достижений CALS-технологий следует отметить легкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и т. д.

#### **4.5 Контрольные вопросы**

- 1 С какой целью разрабатываются технические нормативно-правовые акты (ТР, ТКП, СТБ, СТП, ТУ)?
- 2 Расшифруйте следующие обозначения:  
ТР/2007/001/ВУ, ТКП 11.05.01-2004 (02300),  
СТБ П 8021-2003, ТУ ВУ 300393175.008-2005,  
СТБ ISO 12341-2007, СТБ 24445.4-2000/ISO 1389-10:1977,  
СТБ ИСО/МЭК 9594-1-2003.
- 3 Какие организации координируют работы по стандартизации на международном уровне? Назовите их основные функции.
- 4 Дайте определение информационно-коммуникационной технологии.
- 5 Перечислите объекты стандартизации ИКТ.
- 6 Что понимают под CALS-технологией?
- 7 Дайте определение открытой системы.
- 8 Перечислите международные стандарты, регламентирующие деятельность в области CALS-технологий.

## 5 ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

### 5.1 Законодательные и нормативные документы в области качества. Государственная программа «Качество»

**Качество продукции, процессов или услуг** – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением.

Основной целью государственной программы «Качество», обеспечивающей реализацию политики государства в области качества, является создание условий, способствующих производству конкурентоспособных отечественных товаров, дальнейшему насыщению потребительского рынка качественными безопасными энергоэффективными товарами, внедрению в промышленное производство современных методов и форм управления качеством, оздоровлению окружающей среды, экономии материальных и энергетических ресурсов.

Государственное управление в области качества в республике осуществляется на основе рационального сочетания правовых, экономических и организационно-распорядительных мероприятий, обеспечивающих повышение качества и конкурентоспособности продукции.

К основным задачам Государственной программы «Качество» можно отнести следующие:

- реализация на практике нормативных правовых и технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации;
- проведение сертификации продукции, систем менеджмента качества, систем управления окружающей средой с целью подтверждения их соответствия государственным и международным требованиям;
- обеспечение внедрения на предприятиях республики ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий;
- стимулирование создания новых видов конкурентоспособных товаров;
- развитие технического нормирования и стандартизации, в том числе в области ресурсо- и энергосбережения;
- совершенствование системы образования и подготовки кадров в области качества;
- совершенствование форм и методов управления качеством на всех уровнях управления;
- развитие системы подтверждения соответствия продукции, услуг, систем управления, персонала с учетом международных требований;
- создание ТНПА, обеспечивающих функционирование систем аккредитации и подтверждения соответствия;
- совершенствование информационного обеспечения в области качества и конкурентоспособности;
- активизация пропаганды в области управления качеством во всех сферах деятельности.

Выполнение мероприятий Государственной программы, финансируемых из средств республиканского бюджета, осуществляется на основании договоров, заключаемых исполнителями с государственным заказчиком программы – Госстандартом Республики Беларусь. Требования к качеству на международном уровне определены стандартами серии ИСО 9000.

## 5.2 Международные стандарты серии ИСО 9000

Качество не может быть гарантировано только путем контроля готовой продукции. Оно должно обеспечиваться уже в процессе изучения требований рынка, на стадии проектных и конструкторских разработок, при выборе поставщиков сырья, материалов и комплектующих изделий, на всех стадиях производства и при реализации продукции, ее техобслуживания в процессе эксплуатации потребителем и утилизации после использования.

В настоящее время наиболее эффективной моделью качества является модель Всеобщего Менеджмента Качества (*Total Quality Management – TQM*). В качестве основных идей TQM можно выделить следующие: деятельность предприятия ориентируется только на удовлетворение требований потребителя; непрерывное совершенствование всех сфер деятельности предприятия в области качества; участие каждого работника предприятия в решении проблем качества; упор на предупреждение несоответствий; качество конечного объекта – следствие достижения качества на всех предшествующих этапах. При этом эффективность всеобщего управления качеством зависит от личного участия высшего руководства предприятия в вопросах, связанных с качеством, смещения центра тяжести усилий, направленных на повышение качества, в сторону человеческих ресурсов и преобразования организационной структуры под всеобщий менеджмент качества.

С целью разработки единообразного подхода к решению вопросов управления качеством, устранения различий и гармонизации требований на международном уровне в составе ИСО был создан технический комитет ТК 176 «Управление качеством и обеспечение качества», результатом деятельности которого явилось появление пяти стандартов серии ИСО 9000, посвященных регламентации деятельности в области менеджмента качества, а также трехязычный словарь терминов и определений в области качества.

В стандартах серии ИСО 9000 установлены основные требования по созданию общих программ управления качеством в промышленности и в сфере обслуживания (банковское дело, больницы, гостиницы, рестораны и т. д.). Установив конкретные требования к системам обеспечения качества, они положили начало процедурам разработки, внедрения и сертификации систем качества, в результате чего появилось новое самостоятельное направление менеджмента – **менеджмент качества** – деятельность руководства предприятия или организации, направленная на создание таких условий производства, которые необходимы и достаточны для выпуска качественной продукции. В свою очередь **система менеджмента качества (СМК)** – система менеджмента для руководства

и управления организацией применительно к качеству. Общее руководство качеством осуществляется с помощью **системы качества** – совокупности организационной структуры, процедур, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления менеджмента качества.

Основополагающим в серии указанных стандартов является **МС ИСО 9000** «Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по выбору и применению». Он содержит основные принципы реализации политики руководства и обеспечения качества; разъясняет взаимосвязь между различными понятиями в области качества и определяет правила использования трех моделей качества, приведенных в ИСО 9001, ИСО 9002, ИСО 9003. В данном стандарте введено новое понятие: представление заказчику доказательств того, что система качества и продукция поставщика (изготовителя) соответствует установленным требованиям.

К этой же серии относятся:

– **МС ИСО 9001** «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании» оговаривает требования в отношении системы качества, которые применяются, если контракт, заключаемый двумя сторонами, требует, чтобы была продемонстрирована способность поставщика разрабатывать и поставлять продукцию;

– **МС ИСО 9002** «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже» устанавливает требования по качеству, которые применяются, если по контракту, заключенному между двумя сторонами, поставщик должен продемонстрировать свою способность осуществлять надзор за технологическими процессами, являющимися решающими при приемке конечного продукта;

– **МС ИСО 9003** «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях» оговаривает требования, которые применяются, если по контракту, заключаемому между двумя сторонами, поставщик должен продемонстрировать способность осуществлять контроль и окончательные испытания для решения вопроса о приемке конечного продукта.

Из трех моделей системы качества наиболее жесткой для поставщика является модель согласно МС ИСО 9001, так как он должен доказать заказчику, что не только поставка отвечает сформулированным требованиям, не только его производственный аппарат позволит ему выполнить требуемую поставку, но и что он (поставщик) может осуществлять надзор за требуемой поставкой с момента ее разработки. Эта модель является наиболее полной, так как она охватывает все стадии жизненного цикла продукции.

Первичным этапом при создании на предприятии СМК является формулирование и документальное оформление руководством предприятия **политики в области качества** – основных направлений и целей предприятия в области качества, официально сформулированных руководством предприятия. Политика в области качества формулируется в виде направлений деятельности или стратегической цели и предусматривает улучшение экономического состояния предприятия; расширение рынков сбыта; достижение нового технического уровня продукции; ориентацию на удовлетворение требований потребителей;

освоение принципиально новых изделий; улучшение показателей качества продукции; снижение уровня дефектности продукции; увеличение сроков гарантии на продукцию; развитие сервиса.

Система качества разрабатывается с учетом конкретной деятельности предприятия, но в любом случае она должна охватывать все стадии жизненного цикла продукции – так называемой «петли качества» (рисунок 5.1).

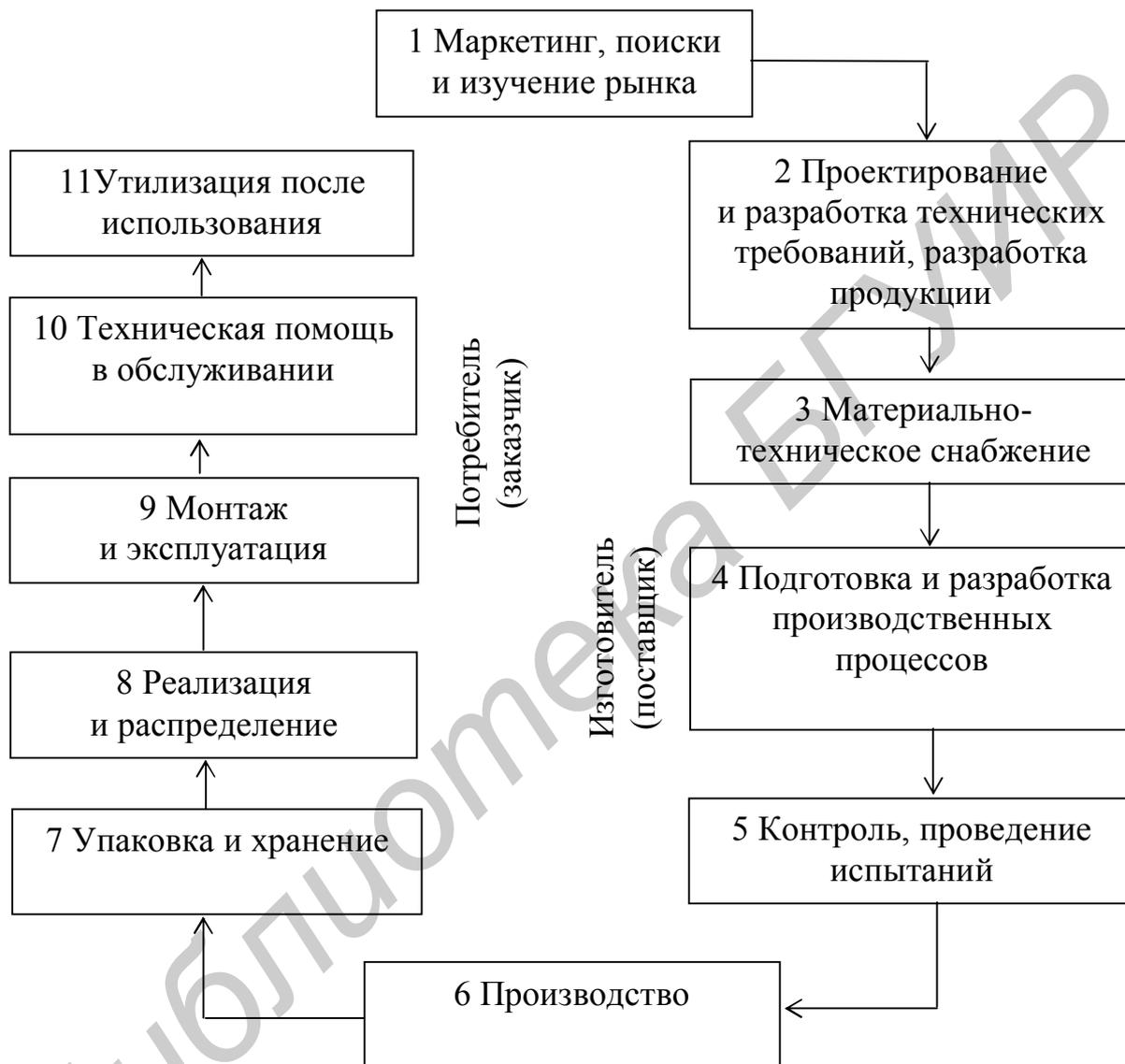


Рисунок 5.1 – Типичные этапы жизненного цикла продукции (петля качества)

СМК должна обеспечивать управление качеством на всех этапах жизненного цикла продукции; обеспечить участие всех работников предприятия в управлении качеством; устанавливать ответственность руководства; обеспечивать неразрывность деятельности по качеству с деятельностью по снижению затрат; обеспечивать проведение профилактических проверок по предупреждению несоответствий и дефектов; обеспечивать обязательность выявления дефектов и препятствовать их допуску в производство и к потребителю; устанавли-

ливать порядок проведения периодических проверок, анализа и совершенствования системы; устанавливать и обеспечивать порядок документального оформления всех процедур системы.

### 5.3 Элементы полной системы качества

Структура полной системы качества приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Структура полной системы качества

Элементы системы качества	Содержание элементов системы качества
1	2
1 Ответственность руководства	1 Разработка политики в области качества. 2 Создание и утверждение структуры и организации работ. 3 Определение ответственности должностных лиц и их полномочий. 4 Представление средств и ресурсов, определение и назначение необходимого персонала. 5 Назначение лица, ответственного за всю работу по качеству. 6 Оценка системы качества со стороны руководства
2 Система качества	1 Применяемые методы должны быть письменно зафиксированы и актуализированы. 2 Установленные требования должны быть подробно описаны в методических инструкциях по вопросам обеспечения качества, рабочих инструкциях, инструкциях по испытаниям
3 Периодический анализ контрактов	1 Составление технического задания. 2 Проверка на соответствие предложений и заказов. 3 Проверка способности и возможности изготовителя выполнить техническое задание. 4 Согласование с заказчиком
4 Управление проектированием	1 Планирование опытно-конструкторских работ (ОКР). 2 Установление целей ОКР. 3 Изложение результатов ОКР. 4 Проверка результатов ОКР. 5 Установление и поддержание в рабочем состоянии процедуры определения, документального оформления, проверки и утверждения всех изменений и модификаций проекта

Продолжение таблицы 5.1

1	2
5 Управление документацией	1 Проверка документации. 2 Разрешение применения документации. 3 Распределение документации. 4 Правила размещения документации. 5 Устранение устаревшей документации. 6 Документирование изменений.
6 Закупка продукции	1 Оценка, выбор и допуск субпоставщиков. 2 Проверка документации материально-технического снабжения в отношении ясности описания изделия и отражения технических требований. 3 Приемочный контроль закупаемых изделий
7 Продукция, поставляемая потребителем (касается продукции, которую поставляет потребитель для включения в состав окончательной поставки)	1 Проверка. 2 Хранение. 3 Содержание в исправности. 4 Сообщение заказчику о потерях, повреждениях и дефектах
8 Идентификация продукции и прослеживаемость	Идентификация продукции должна иметь единый характер и соответствующим образом регистрироваться
9 Управление технологическими процессами	Документальное закрепление требований к методу, оборудованию и их постоянный контроль
10 Контроль и испытания	1 Входной контроль. 2 Промежуточный контроль. 3 Окончательный контроль. 4 Отчеты о проверках и испытаниях
11 Контрольное, измерительное и испытательное оборудование	Обеспечение пригодности средств измерений и методов испытаний
12 Статус контроля и испытаний (условия завершения и оформления контроля)	Обеспечение поставки изделий и материалов, прошедших испытания только с положительной оценкой

Продолжение таблицы 5.1

1	2
13 Действия с несоответствующей продукцией	1 Исключение непреднамеренного применения дефектных единиц 2 Для продукции ненадлежащего качества: – исправление с целью удовлетворения требований; – принятие с отступлением от контракта; – перевод в другую категорию для использования в других целях; – отбраковка и отправка в отходы
14 Корректирующие воздействия	1 Устранение причины дефектов. 2 Принятие мер для исключения повторения дефектов
15 Погрузочно-разгрузочные работы, хранение, упаковка, поставка	1 Предотвращение повреждений и снижения качества продукции. 2 Составление инструкций для ведения данных работ
16 Регистрация данных о качестве	1 Соответствие записей о качестве данного изделия. 2 Записи о качестве поставок субподрядчиков. 3 Хранение в архиве всех данных о качестве
17 Внутренние проверки качества	1 Плановые и документированные внутренние проверки качества с целью доказательства эффективности СМК. 2 Разработка корректирующих воздействий с целью устранения недостатков
18 Подготовка кадров	Повышение квалификации персонала, ответственного за качество
19 Техническое обслуживание (для продукции, предоставленной заказчику)	Разработка и поддержание в рабочем состоянии процедур проведения технического обслуживания и проверки продукции на соответствие установленным требованиям (если оговорено в контракте)
20 Статистические методы	Внедрение подходящих статистических методов оценки качества на всех этапах жизненного цикла продукции

ИСО 9000 содержит рекомендации для наиболее рационального выбора модели системы качества или отдельных ее элементов (исходя из потребностей производства или условий контракта).

Создаваемая система качества должна учитывать специфику предприятия, его размеры, структуру организации производства. Кроме того, она должна быть гибкой, позволяющей быстро вносить изменения. Элементы системы качества, приведенные в таблице 5.1, можно разбить на три группы:

1 Элементы, которые должны быть определены или установлены руководством предприятия (элементы 1, 18).

2 Элементы, охватывающие несколько фаз или подразделений, связанные с самой системой качества, общефирменными проблемами и проблемами продукции (услуг) (элементы 2, 5, 8, 11, 13, 15, 16, 17, 20).

3 Элементы системы качества, специфичные для определенных этапов (элементы 3, а также обеспечение качества на разных этапах жизненного цикла продукции).

Основным документом, описывающим систему качества, является **руководство по качеству**, в котором определены те ее элементы, которые характеризуют направления деятельности руководства предприятия по обеспечению качества выпускаемой продукции.

Документы системы качества можно расположить в иерархической последовательности, представленной на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Пирамида документов системы качества

Целями Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь являются:

- удостоверение соответствия объектов оценки соответствия требованиям ТНПА;
- содействие потребителям в компетентном выборе продукции (услуг);
- защита отечественного рынка от недоброкачественного и небезопасной продукции;
- снижение технических барьеров в торговле;
- содействие повышению качества и конкурентоспособности отечественной продукции.

Оценка соответствия соблюдает принципы гармонизации с международными и межгосударственными (региональными) подходами, идентичности правил и процедур изготовления продукции отечественного и иностранного производства, конфиденциальности.

#### **5.4 Законодательная и нормативная база подтверждения соответствия**

Согласно Закону Республики Беларусь «О защите прав потребителей» от 9.01.2002 г. №90-3 с изменениями и дополнениями от 4.01.2003 г. №183-3 граждане имеют право на государственную защиту своих интересов, надлежащее качество товаров, безопасность товаров, полную и достоверную информацию о товарах, возмещение в полном объеме ущерба, причиненного товаром ненадлежащего качества, обращение в суд и другие уполномоченные государственные органы за защитой их нарушенных прав или охраняемых законом интересов. С целью реализации требований, регламентированных данным законом, в нашей стране создана и функционирует **Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь (НСПС РБ)** – установленная совокупность объектов оценки соответствия, нормативных правовых актов и технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, определяющих правила и процедуры подтверждения соответствия и функционирования системы в целом.

**Оценка соответствия (испытания, измерения, подтверждение соответствия, аккредитация и контроль)** – деятельность по определению соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

Целями Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь являются:

- удостоверение соответствия объектов оценки соответствия требованиям ТНПА;
- содействие потребителям в компетентном выборе продукции (услуг);
- защита отечественного рынка от недоброкачественной и небезопасной продукции;
- снижение технических барьеров в торговле;
- содействие повышению качества и конкурентоспособности отечественной продукции.

Оценка соответствия соблюдает принципы гармонизации с международными и межгосударственными (региональными) подходами, идентичности правил и процедур изготовления продукции отечественного и иностранного производства, конфиденциальности.

НСПС предусматривает следующие виды деятельности:

- **сертификация продукции** – форма подтверждения соответствия, осуществляемая аккредитованным органом по сертификации;
- **декларирование соответствия продукции** – форма подтверждения соответствия, осуществляемого изготовителем (продавцом);
- **сертификация услуг**;
- **сертификация систем управления качеством**: систем менеджмента качества (СМК), систем качества на основе принципов анализа рисков и критических контрольных точек (НАССР), принципов надлежащей производственной практики (GMP), систем управления окружающей средой (систем экологического менеджмента) и других систем управления;
- **сертификация профессиональной компетентности персонала** (сертификация персонала);
- **инспекционный контроль** за сертифицированной продукцией, услугами, системами управления и персоналом;
- **подготовка и сертификация экспертов-аудиторов по качеству**;
- **организационно-методическая помощь** в области подтверждения соответствия;
- **ведение реестра НСПС РБ**;
- **ведение Государственного кадастра** служебного и гражданского оружия и боеприпасов.

**Структура НСПС РБ** включает:

- национальный орган по оценке соответствия Республики Беларусь;
- Совет НСПС;
- Апелляционный Совет НСПС;
- аккредитованные органы по сертификации продукции;
- аккредитованные органы по сертификации услуг;
- аккредитованные органы по сертификации систем управления качеством;
- аккредитованные органы по сертификации систем управления окружающей средой;
- аккредитованные органы по сертификации персонала;
- организационно-методические центры по подтверждению соответствия;
- уполномоченные центры подготовки экспертов-аудиторов по качеству;
- штат экспертов-аудиторов по качеству.

Деятельность по подтверждению соответствия регулируется и обеспечивается Законами Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О защите прав потребителей», указами Президента и нормативными актами Правительства Республики Беларусь, подзаконными актами, направленными на решение от-

дельных социально-экономических задач, предусматривающими использование обязательного подтверждения соответствия.

Нормативно-техническую базу подтверждения соответствия Республики Беларусь составляют следующие технические кодексы установившейся практики (ТКП):

– ТКП 5.1.01-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Основные положения»;

– ТКП 5.1.02-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок проведения сертификации продукции. Основные положения»;

– ТКП 5.1.03-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок декларирования соответствия продукции. Основные положения»;

– ТКП 5.1.04-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок сертификации услуг. Основные положения»;

– ТКП 5.1.05-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок сертификации систем менеджмента качества. Основные положения»;

– ТКП 5.1.06-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок сертификации компетентности персонала. Основные положения»;

– ТКП 5.1.08-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Правила маркировки знаком соответствия. Основные положения»;

– ТКП 5.1.09-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок сертификации экспертов-аудиторов по качеству»;

– ТКП 5.1.10-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок ведения реестра»;

– ТКП 5.1.11-2004 «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок применения форм и схем подтверждения соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации».

Основным законом в области сертификации является Закон Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» от 5 января 2004 г. №269-З. Основное содержание этого закона включает в себя следующие положения:

– подтверждение соответствия может носить обязательный или добровольный характер;

– обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах обязательной сертификации (продукции, услуг, систем управления качеством, персонала) или декларирования соответствия.

**Обязательная сертификация** – это деятельность соответствующих органов и субъектов хозяйствования по подтверждению соответствия продукции показателям, обеспечивающим безопасность для жизни, здоровья и имущества

граждан, а также охрану окружающей среды, и другим показателям, установленным законодательством Республики Беларусь.

К требованиям безопасности относятся обязательные требования, установленные в законодательных актах или стандартах, которые направлены на обеспечение жизни, здоровья потребителей и охрану окружающей среды и предотвращение нанесения вреда имуществу потребителей.

**Декларация о соответствии** – документ, в котором изготовитель (продавец) удостоверяет соответствие производимой и (или) реализуемой продукции требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

Декларирование соответствия осуществляется только в отношении продукции.

3 Добровольное подтверждение соответствия осуществляется только посредством добровольной сертификации. **Добровольная сертификация** – это деятельность соответствующих органов и субъектов хозяйствования по подтверждению соответствия продукции показателям, по которым законодательством Республики Беларусь проведение обязательной сертификации не предусмотрено.

4 Обязательному подтверждению соответствия подлежат объекты оценки соответствия, включенные в перечень продукции, услуг, персонала и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь.

Государственное управление и регулирование в области оценки соответствия осуществляется Президентом Республики Беларусь, Советом Министров, Государственным комитетом по стандартизации и иными государственными органами в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Законодательную базу сертификации составляют законы Республики Беларусь и подзаконные акты, к которым относятся указы Президента Республики Беларусь и постановления Правительства, постановления Госстандарта и нормативные акты министерств и ведомств.

Нормативная база сертификации включает в себя организационно-методические документы по правилам и порядку сертификации, ТНПА, на соответствие требованиям которых проводится сертификация, а также нормативные документы на методы и методики оценки соответствия при сертификации.

Формы оценки соответствия приведены на рисунке 5.3.

Оценка соответствия осуществляется в форме **аккредитации и подтверждения соответствия**.

Под **аккредитацией** понимают вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является официальное признание компетентности юридического лица в выполнении работ по подтверждению соответствия и (или) проведению испытаний продукции.

Аккредитацию проводят калибровочные и испытательные лаборатории, аккредитованные в Системе аккредитации Республики Беларусь, и органы по сертификации.

**Подтверждение соответствия** – это вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является документальное удостоверение соответствия объекта оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

Оценка соответствия проводится в виде обязательной или добровольной сертификации и декларирования соответствия.



Рисунок 5.3 – Формы оценки соответствия

#### 5.4.1 Сертификация продукции

Общие требования к порядку проведения сертификации отечественной и импортируемой продукции при обязательной или добровольной сертификации установлены в ТКП 5.1.02.

Обязательная сертификация проводится на соответствие продукции, услуг, персонала и иных объектов оценки соответствия требованиям безопасности для жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды, установленным в законодательных актах Республики Беларусь и ТНПА. Сюда относятся, в частности, бытовые электрические приборы, бытовая электронная аппаратура с питанием от сети переменного тока, часы, игровое оборудование для проведения азартных игр, светотехнические изделия, медицинские аппараты с питанием от сети переменного тока, стоматологическое оборудование, средства связи индивидуального и общего пользования, программные средства, используемые для создания, обработки и защиты электронных документов при проведении безналичных расчетов в автоматизированной системе межбанковских расчетов, программные средства, используемые для создания, обработки и защиты электронных документов в системе «Клиент – Банк».

Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителя на сертификацию. При этом заявитель самостоятельно выбирает ТНПА, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация, и определяет номенклатуру показателей, проверяемых при ее проведении, куда обязательно включаются показатели безопасности, если они установлены в ТНПА для данной продукции.

Схемы сертификации, применяемые в НСПС, основаны на схемах, принятых в Международной организации по стандартизации (ИСО).

**Схема подтверждения соответствия** – установленная последовательность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательств соответствия объекта оценки соответствия требованиям ТНПА в области технического нормирования и стандартизации. **Схема сертификации (декларирования соответствия)** – схема подтверждения соответствия, используемая при сертификации (декларировании соответствия).

При обязательной сертификации определенных видов продукции применяемые схемы сертификации установлены в техническом регламенте, а в случае, если они в нем не установлены либо технический регламент отсутствует, – в ТНПА, утвержденных Госстандартом.

В зависимости от вида продукции приняты следующие схемы сертификации:

– **схема 1** – для продукции, поставляемой по контракту периодически малыми партиями в течение одного года с проведением инспекционного контроля по решению органа по сертификации;

– **схема 3а** – для продукции серийного и массового производства;

– **схема 6а** – для продукции серийного и массового производства при наличии сертифицированной в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь системы менеджмента качества;

– **схема 7** – для партии продукции;

– **схема 8** – для изделий, представляющих большую опасность для жизни человека, или для изделий, выход из строя которых может привести к катастрофе, а также единичных образцов уникальных изделий;

– **схема 9** – для единичных изделий и опытных образцов, а также малых партий изделий, подлежащих обязательной сертификации, в том числе приобретаемых для собственных нужд предприятия, если безопасность заявленной продукции подтверждается документами, предусмотренными в НСПС РБ.

Сертификация в зависимости от схемы включает в себя следующие процедуры:

– подача заявки на сертификацию и представление документов, прилагаемых к ней;

– принятие решения по заявке;

– анализ ТНПА, конструкторской и технологической документации на продукцию;

– идентификация продукции и отбор образцов продукции;

– испытание образцов продукции;

– анализ состояния производства;

– анализ результатов испытаний, анализ состояния производства и принятие решения о возможности выдачи сертификата соответствия;

– регистрация и выдача сертификата соответствия, а также заключение соглашения по сертификации между органом по сертификации и заявителем;

– инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (в соответствии со схемой сертификации);

– разработку заявителем корректирующих мероприятий при нарушении соответствия продукции и (или) условий производства и хранения установленным требованиям и неправильном применении знака соответствия.

Конкретную схему сертификации выбирает орган по сертификации с учетом особенностей производства, испытаний, поставки и использования продукции, а также требуемого уровня доказательности. Схемы добровольной сертификации определяются органом по сертификации продукции по согласованию с заявителем.

Для проведения сертификации продукции заявитель направляет заявку в один из органов по сертификации конкретной продукции, а при его отсутствии на момент подачи заявки – в Национальный орган по оценке соответствия Республики Беларусь. К заявке для продукции серийного производства прилагаются следующие документы:

- ТНПА на продукцию (в случае необходимости);
- сертификат на СМК (при наличии);
- протоколы испытаний (при наличии);
- дополнительную информацию о качестве и производстве продукции;
- документы, предусмотренные законодательными актами Республики Беларусь (лицензии, разрешения и т. д.).

Номенклатура подаваемых документов определяется схемой проведения сертификации.

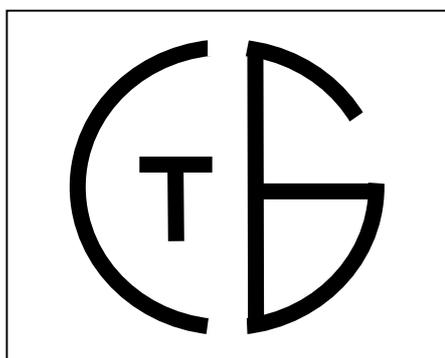
Далее в течение не более пяти рабочих дней орган по сертификации проводит анализ поданных документов и принимает решение, которое направляет заявителю. В решении содержится схема сертификации продукции, указания по отбору образцов продукции, перечень ТНПА, на соответствие которым проводится сертификация, наименование аккредитованной испытательной лаборатории (центра), исполнитель анализа состояния производства и условий оплаты работ по сертификации.

При отрицательных результатах анализа заявителю сообщается, что необходимо приложить к заявке или исправить в ней, а также причина отказа.

На основании протоколов испытаний, результатов идентификации продукции, результатов анализа состояния производства, сертификата на соответствие менеджмента качества и информации от государственных органов, осуществляющих контроль качества и безопасности сертифицируемой продукции, по результатам проведенных процедур в соответствии с принятой схемой сертификации орган по сертификации принимает решение о выдаче (невыдаче) сертификата соответствия.

Сертификат соответствия и приложение (при наличии) оформляются на специальных бланках, подписываются руководителем органа по сертификации и экспертом-аудитором по качеству. Подписи закрепляются печатью органа по сертификации. Срок действия сертификата соответствия на продукцию серийного и массового производства устанавливается до трех лет, при этом срок действия сертификата на продукцию может отличаться от срока действия сертификата на СМК. Если сертификат на СМК в установленном порядке не будет продлен, действие сертификата соответствия на продукцию отменяется. При отрицательных результатах работ по оценке соответствия орган по сертификации выдает заявителю письменное заключение с указанием причин отказа в выдаче сертификата соответствия.

На сертифицированную продукцию серийного и массового производства могут наноситься знаки соответствия, установленные ТКП 5.1.08 (рисунок 5.4). При этом знак соответствия проставляется на изделие и (или) этикетку (ярлык), тару, потребительскую упаковку, сопроводительную техническую документацию.



Обязательная  
сертификация  
продукции  
(услуг)



Добровольная  
сертификация  
продукции  
(услуг)



Сертификация систем  
менеджмента качества  
по ИСО 9001

Рисунок 5.4 – Знаки соответствия, применяемые в рамках Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь

Применением знака соответствия считается также использование его в рекламе, печатных изданиях, на официальных бланках, вывесках, при демонстрации экспонатов на выставках.

Орган по сертификации, выдавший сертификат соответствия, осуществляет периодический инспекционный контроль сертифицированной продукции. Внеплановый инспекционный контроль сертифицированной продукции осуществляется в случае поступления от потребителей, торговых организаций или государственных органов, осуществляющих контроль безопасности и качества продукции, претензий к качеству продукции, на которую выдан сертификат соответствия.

В рамках Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь предусмотрена процедура признания сертификата, выданного в рамках систем подтверждения соответствия (систем сертификации) других государств, к которым присоединилась Республика Беларусь и с которыми заключено соглашение о взаимном признании результатов сертификации. Иностраный сертификат соответствия на продукцию признается, если он правильно и в достаточной мере отражает требования безопасности и другие требования, предусмотренные законодательными актами Республики Беларусь в ТНПА на ввозимую по прямым поставкам продукцию, а также если получены положительные результаты идентификации продукции. При этом осуществляется переоформление иностранного сертификата на сертификат соответствия НСПС Республики Беларусь на продукцию серийного и массового производства. Признание иностранного сертификата соответствия на отечественную продукцию серийного и массового производства включает также проведение инспекционного контроля производства.

На продукцию, произведенную в третьих странах, сертификаты соответствия, выданные в системах подтверждения соответствия стран, с которыми подписано соглашение о взаимном признании сертификата соответствия, не признаются. В обоснованных случаях Национальный орган по оценке соответствия Республики Беларусь сможет принять решение о признании сертификата соответствия на партию продукции, произведенную в третьих странах.

В отдельных случаях орган по сертификации может принять решение о проведении испытаний.

#### *5.4.2 Декларирование соответствия продукции*

Одной из форм обязательного подтверждения соответствия является **декларирование соответствия продукции**.

Декларирование соответствия продукции проводится на соответствие показателям безопасности для жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и окружающей среды и другим показателям, установленным для данной продукции в законодательных актах Республики Беларусь. Основанием для декларирования являются собственные доказательства или доказательства, полученные с участием аккредитованного органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории или центра. Оно осуществляется изготовителями (продавцами) продукции, зарегистрированной в установленном порядке в Республике Беларусь, а в отношении продукции, включенной в Перечень продукции, услуг, персонала и иных объектов, подлежащих обязательному подтверждению соответствия, – заявителями на подтверждение соответствия.

Декларирование соответствия продукции включает следующие виды работ:

– формирование заявителем комплекта документов, подтверждающих соответствие продукции техническому регламенту или при его отсутствии другому ТНПА на данный вид продукции, в том числе протоколов испытаний, проведенных в испытательной лаборатории заявителя;

– испытание образцов продукции в аккредитованной испытательной лаборатории (если это предусмотрено схемой декларирования);

- подача заявителем заявки в орган по сертификации систем управления качеством и проведение сертификации системы управления качеством (если это предусмотрено схемой декларирования);
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- подача в орган по сертификации заявки на регистрацию декларации о соответствии с прилагаемыми документами;
- проверка органом по сертификации полноты представленных документов, а также правильности заполнения декларации о соответствии;
- регистрация декларации о соответствии;
- информирование о результатах проведения декларирования соответствия;
- инспекционный контроль органом по сертификации систем менеджмента качества за сертифицированной системой менеджмента качества (если это предусмотрено схемой декларирования);
- контроль за продукцией, соответствие которой подтверждено декларацией о соответствии.

В зависимости от вида продукции декларирование может производиться по следующим схемам:

- схема 1d – для продукции несложной конструкции, степень потенциальной опасности которой невысока и показатели безопасности малочувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов;
- схема 2d – для продукции несложной конструкции, когда проведение достоверных испытаний типового образца продукции затруднительно для изготовителя, а характеристики продукции имеют большое значение для обеспечения безопасности;
- схема 3d – для продукции простой конструкции, показатели безопасности которой чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов, а изготовителю затруднительно обеспечить проведение достоверных испытаний типового образца продукции;
- схема 4d – для продукции простой конструкции, показатели безопасности которой чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов, но соответствие продукции можно отслеживать в процессе контроля и испытаний;
- схема 5d – для сложной, потенциально опасной продукции, показатели безопасности которой чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов.

В соответствии со схемой выбирается номенклатура представляемых документов и объем испытаний.

Основанием для принятия декларации о соответствии являются документы (по выбору заявителя), обеспечивающие полноту доказательности соответствия продукции установленным требованиям, и документы, подтверждающие правомочность заявителя принимать декларацию о соответствии.

К документам, подтверждающим соответствие продукции ТНПА на данный вид продукции, можно отнести, например, конструкторско-технологическую документацию на продукцию, протоколы приемочных, приемо-сдаточных, периодиче-

ских и других испытаний продукции, иностранные сертификаты соответствия и (или) протоколы испытаний на конкретную продукцию, сертификаты соответствия, выданные в рамках систем подтверждения соответствия (сертификации), к которым присоединилась Республика Беларусь и с которыми заключено соглашение о взаимном признании результатов сертификации, и другие документы, дающие возможность сделать заключение о соответствии продукции требованиям ТНПА.

Декларация о соответствии на серийно выпускаемую продукцию принимается на срок, исходя из планируемой продолжительности ее выпуска и срока годности или хранения, но не более чем на три года. На партию продукции декларация о соответствии принимается заявителем на срок исходя из времени ее реализации, срока годности или хранения, но не более чем на один год.

#### *5.4.3 Сертификация услуг*

В НСПС предусмотрена добровольная и обязательная сертификация услуг.

Обязательная сертификация проводится на соответствие требованиям действующих в Республике Беларусь ТНПА, а также законодательных и нормативных правовых актов, устанавливающих обязательные требования по обеспечению безопасности жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды и другим показателям. Обязательной сертификации подлежат следующие виды услуг:

- услуги по техническому обслуживанию автотранспортных средств;
- риэлторские услуги;
- услуги парикмахерских, имеющих более трех рабочих мест;
- услуги по техническому обслуживанию и ремонту кассовых суммирующих аппаратов и специальных компьютерных систем;
- услуги химической чистки и крашения;
- услуги туроператоров;
- услуги турагентов.

Сертификация услуг проводится по четырем схемам, включающим в себя оценку исполнителя услуг (персонала), оценку процесса предоставления услуг, сертификацию систем управления качеством исполнителя услуг, выборочную проверку результата услуг и инспекционный контроль сертифицированных услуг и систем управления качеством.

Оценка процесса предоставления услуг в общем случае включает проверку наличия и состояния ТНПА, технологической документации, необходимых для предоставления услуг; наличия и контроля используемого технологического оборудования, средств контроля и измерений, материалов; состояния и соответствия материально-технической базы требованиям ТНПА, электро-, пожаро- и взрывобезопасности, санитарным правилам и нормам; наличия системы контроля и оценки безопасности и качества услуг; наличия и состояния системы регистрации и учета информации о безопасности и качестве услуг; соблюдения требований по обеспечению безопасности для жизни, здоровья и наследственности человека, а также сохранности имущества и охраны окружающей среды при предоставлении услуг; наличия квалифицированного персонала и

информации о предоставляемых услугах; организации взаимодействия с потребителем услуг; обеспечения условий обслуживания потребителей и т. д.

#### *5.4.4 Сертификация компетентности персонала*

При проведении сертификации персонала определяется соответствие его квалификации требованиям, установленным в ТНПА для определенной области деятельности. Квалификация и уровень квалификации определяются по результатам квалификационного экзамена, проводимого органом по сертификации. Сертификация персонала возможна в рамках международных и региональных систем, к которым присоединилась Республика Беларусь и с которыми заключено соглашение о взаимном признании результатов сертификации.

#### *5.4.5 Сертификация систем менеджмента качества*

Сертификация СМК организуется и проводится для создания уверенности у потребителей продукции, руководства предприятий, организаций и других заинтересованных сторон в том, что организация имеет условия и принимает меры для выпуска продукции, соответствующей требованиям потребителей и обязательным требованиям, а также с целью повышения удовлетворенности потребителей посредством эффективного применения СМК, включая процессы постоянного ее улучшения.

Общие требования к порядку проведения работ по сертификации СМК установлены в ТКП 5.1.05-2004.

Сертификация СМК проводится, если она предусмотрена схемой обязательной сертификации или декларирования соответствия продукции (схемы сертификации ба, декларирования соответствия 3д, 4д, 5д) или по инициативе организации. Она включает представление заявки на сертификацию, анализ документов и аудит СМК, инспекционный контроль за сертифицированной СМК.

При проведении сертификационных работ группа по аудиту или эксперт-аудитор рассматривает и анализирует все представленные документы, а именно: заявку, исходную информацию, анкету-вопросник, руководство по качеству и обязательные документированные процедуры, необходимые для управления процессами. Анализ исходной информации проводится с учетом требований ТНПА на СМК и продукцию, а также сведений о качестве продукции, полученных из независимых источников.

При положительных результатах оценки документов СМК проводится ее аудит. По результатам аудита готовится заключение и проводится заключительное совещание.

Сбор информации осуществляется методами опроса работников организации, наблюдения за деятельностью и процессами и анализа документов. Полученная информация верифицируется путем сравнения с информацией из протоколов испытаний, отчетов и т. д. Свидетельства аудита сопоставляются с критериями аудита, на основании чего определяются несоответствия и их значимость. При этом выделяются **существенные и несущественные несоответствия**.

**Существенное несоответствие** – это отсутствие, неприменение или полное нарушение какого-либо требования (критерия) СМК либо другое отклонение от нормативного требования на СМК, устранение которого потребует изменения организационной структуры предприятия, больших материальных затрат, длительного времени или которое существенно повлияет на качество продукции.

**Несущественное несоответствие** – это упущение в выполнении установленных требований (критериев) либо другое отклонение от нормативного требования на СМК, устранение которого не связано с изменением организационной структуры предприятия, большими материальными затратами и которое может быть устранено в процессе работы группы по аудиту либо в течение одного месяца с момента выявления.

СМК признается соответствующей ТНПА, если несоответствия отсутствуют; если имеются несущественные несоответствия; если обнаружены два или менее существенных и несущественные несоответствия. В этом случае определяются сроки устранения несоответствий в СМК (не более шести месяцев).

СМК признается несоответствующей ТНПА, если она содержит три и более существенных и несущественные несоответствия. В этом случае оценка СМК организации осуществляется после устранения всех несоответствий (не ранее чем через шесть месяцев).

По результатам аудита после проведения регламентных процедур Совет по сертификации принимает решение о выдаче сертификата соответствия сроком на три года. В обоснованных случаях может устанавливаться меньший срок действия сертификата соответствия, но не менее двух лет.

Орган по сертификации осуществляет плановый и внеплановый инспекционный контроль за сертифицированной СМК в течение всего срока действия сертификата.

## **5.5 Контрольные вопросы**

1 Какая из моделей обеспечения качества является наиболее полной: МС ИСО 9000, МС ИСО 9001, МС ИСО 9002, МС ИСО 9003 или МС ИСО 9004?

2 Какая из моделей обеспечения качества является наиболее жесткой для поставщика: МС ИСО 9000, МС ИСО 9001, МС ИСО 9002, МС ИСО 9003 или МС ИСО 9004?

3 Какие этапы жизненного цикла продукции составляют петлю качества?

4 Какие разделы должно содержать Руководство по качеству на предприятии?

5 Какие виды деятельности предусматривает национальная система подтверждения соответствия?

6 В каких случаях проводится обязательная сертификация продукции и услуг, а в каких – добровольная?

7 В чем состоит процедура признания иностранных сертификатов на продукцию?

## 6 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Показатели качества программных средств (ПС) представляют собой иерархическую многоуровневую систему, в которой показатели качества вышестоящих уровней определяются через показатели нижестоящих уровней. Оценка значений показателей качества на основе информации, относящейся непосредственно к ПС, осуществляется лишь на последнем уровне.

Оценка качества программных средств осуществляется на всех этапах их жизненного цикла при планировании показателей качества, на отдельных этапах разработки, в процессе производства при проверке эффективности модификации на этапе сопровождения программного средства.

Под **программным средством** будем понимать объект, состоящий из программ, процедур, правил, а также, если предусмотрено, сопутствующих им документации и данных, относящихся к функционированию системы обработки информации.

**Программный документ** – документ, содержащий, в зависимости от назначения, данные, необходимые для разработки, производства, эксплуатации и сопровождения программы или ПС.

Тогда **оценку качества ПС** можно определить как совокупность операций, включающих выбор номенклатуры показателей качества оцениваемого ПС, определение значений этих показателей и сравнение их с базовыми значениями.

Оценка качества программных средств осуществляется на всех этапах жизненного цикла ПС при планировании показателей качества ПС, контроле качества на отдельных этапах разработки (ТЗ, технический проект, рабочий проект), контроле качества в процессе производства ПС, проверке эффективности модификации ПС на этапе сопровождения.

Номенклатура показателей качества ПС приведена на рисунке 6.1.

Первая группа показателей качества (**надежность**) характеризует способность ПС в конкретных областях применения выполнять заданные функции в соответствии с программными документами в условиях возникновения отклонений в среде функционирования, вызванных сбоями технических средств, ошибками во входных данных, ошибками обслуживания и другими дестабилизирующими воздействиями.

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

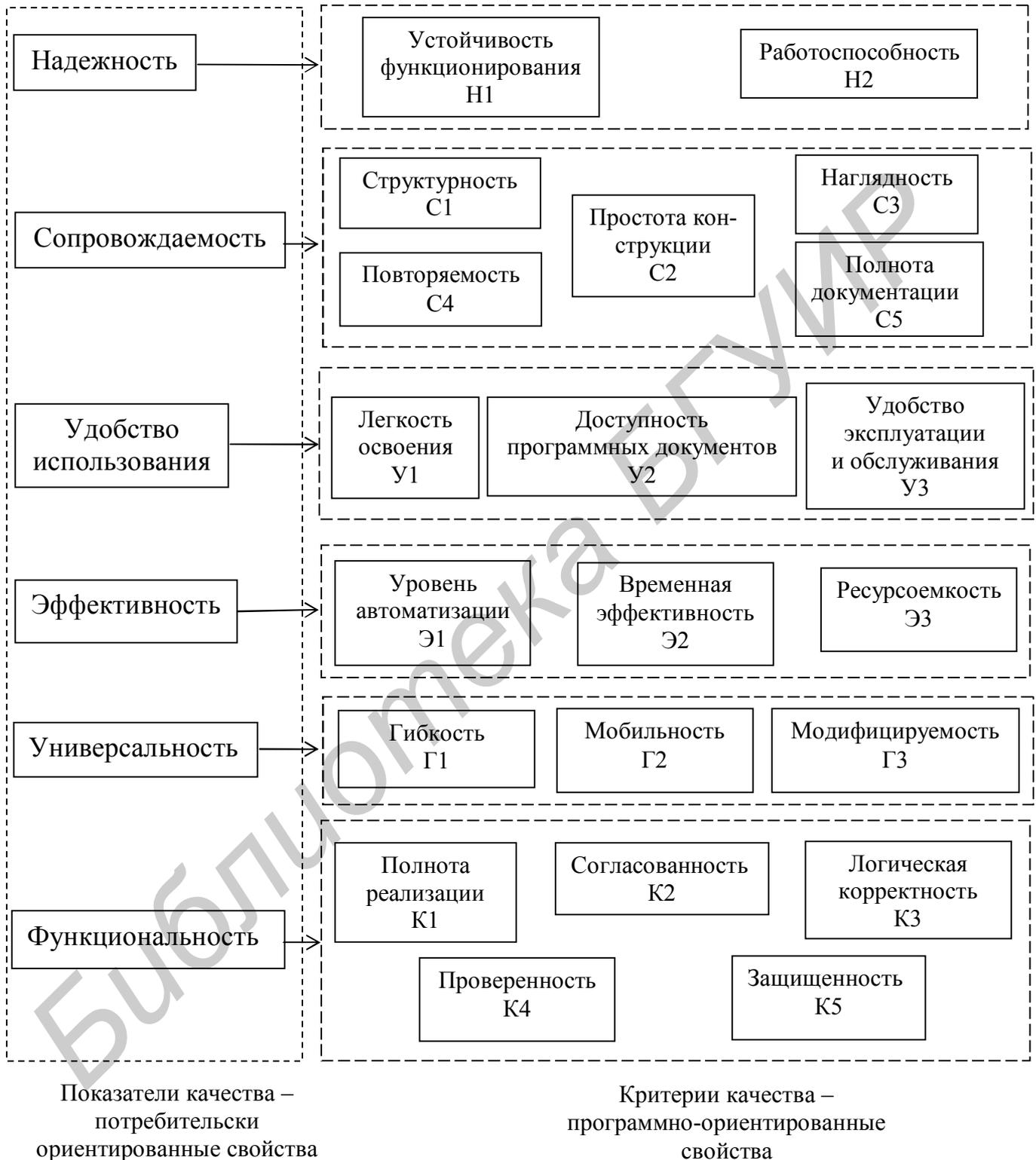


Рисунок 6.1 – Показатели качества программных средств

К ним относятся **устойчивость функционирования (Н1)** – способность обеспечивать продолжение работы программы после возникновения отклонений, вызванных сбоями технических средств, ошибками во входных данных и ошибками обслуживания, – и **работоспособность (Н2)** – способность программы функционировать в заданных режимах и объемах обрабатываемой информации в соответствии с программными документами при отсутствии сбоев технических средств.

Вторая группа показателей качества – **сопровождаемость** – характеризует технологические аспекты, обеспечивающие простоту устранения ошибок в программе и программных документах и поддержание ПС в актуальном состоянии. К ним относятся:

- **структурность (С1)** – организация всех взаимосвязанных частей программы в единое целое с использованием логических структур «последовательность», «выбор», «повторение»;

- **простота конструкции (С2)** – построение модульной структуры программы наиболее рациональным с точки зрения восприятия и понимания образом;

- **наглядность (С3)** – наличие и представление в наиболее легко воспринимаемом виде исходных модулей ПС, полное их описание в соответствующих программных документах;

- **повторяемость (С4)** – степень использования типовых проектных решений или компонентов, входящих в ПС;

- **полнота документации (С5)** – наличие документов, необходимых для понимания всех технологических решений, принятых на фазах проектирования, реализации, тестирования и изготовления жизненного цикла ПС.

Такой показатель, как **удобство использования**, характеризует свойства ПС, способствующие быстрому освоению, применению и эксплуатации ПС с минимальными трудозатратами с учетом характера решаемых задач и требований к квалификации обслуживающего персонала. При определении удобства использования оцениваются:

- **легкость освоения (У1)** – представление программных документов и программы в виде, способствующем пониманию логики функционирования программы в целом и ее частей;

- **доступность программных документов (У2)** – понятность, наглядность и полнота описания взаимодействия пользователя с программой в программных документах;

- **удобство эксплуатации и обслуживания (У3)** – соответствие процесса обработки данных и форм представления результатов характеру решаемых задач.

Следующая группа показателей качества относится к понятию **эффективность** и характеризует степень удовлетворения потребности пользователя в обработке данных с учетом экономических, людских ресурсов и ресурсов системы обработки информации. Это такие показатели, как:

- **уровень автоматизации (Э1)** функций процесса обработки данных с учетом рациональности функциональной структуры программы с точки зрения взаимодействия с ней пользователя и использования ресурсов системы обработки информации;

- **временная эффективность (Э2)** – способность программы выполнять заданные действия в интервале времени, отвечающем заданным требованиям;
- **ресурсоемкость (Э3)** – минимально необходимые ресурсы системы обработки информации и число обслуживающего персонала для эксплуатации ПС.

**Универсальность** характеризует адаптируемость ПС к новым функциональным требованиям, возникающим вследствие изменения условий функционирования. Ее можно оценить такими показателями, как:

- **гибкость (Г1)** – возможность использования ПС в различных областях применения;
- **мобильность (Г2)** – возможность применения ПС без существенных дополнительных трудозатрат на ЭВМ аналогичного класса;
- **модифицируемость (Г3)** – обеспечение простоты внесения необходимых изменений и доработок в программу в процессе эксплуатации.

Степень соответствия ПС требованиям, установленным в техническом задании (ТЗ), требованиям к обработке данных и общесистемным требованиям характеризует следующая группа показателей, относящаяся к **функциональности**:

- **полнота реализации (К1)** заданных функций ПС и достаточность их описания в программной документации;
- **согласованность (К2)** – однозначное и непротиворечивое описание и использование тождественных объектов, функций, терминов, определений, идентификаторов и т. д. в различных частях программных документов и текста программы;
- **логическая корректность (К3)** – функциональное и программное соответствие процесса обработки данных при выполнении задания общесистемным требованиям;
- **проверенность (К4)** – полнота проверки возможных маршрутов выполнения программы в процессе тестирования;
- **защищенность (К5)** – способность программного средства предотвращать несанкционированный доступ к программам и данным, а также степень удобства и полноты обнаружения результатов такого доступа или действий по разрушению программ и данных.

Выбор номенклатуры показателей качества для конкретного ПС осуществляется с учетом его назначения и требований областей применения.

Например, при оценке качества операционных систем и средств их расширения применяются такие показатели, как Н1, Н2, С5, У3, Э2, Г3, К1 – К5; применимость показателей С1 – С4, У1, Э1, Э2, Г2 определяется разработчиком ПС; показатель Г1 не применяется. При оценке качества прикладных программ для решения экономических задач применяются показатели Н2, У2, К1 – К4; остальные показатели применяются на усмотрение разработчика ПС. Таблица применимости показателей качества в зависимости от принадлежности ПС к тому или иному подклассу дана в ГОСТ 28195-99.

Выбранная номенклатура показателей качества должна быть включена в ТЗ на разработку ПС.

**Методы определения показателей качества ПС** различаются по методам получения информации о показателе и по источникам получения информации о ПС.

**В зависимости от метода определения показателей качества ПС** различают измерение, регистрацию, расчет и восприятие человеком.

**По источникам получения информации о ПС** можно выделить непосредственное наблюдение за функционированием в процессе работы (это традиционный метод) и обработку заключений экспертов (так называемый экспертный метод).

Оценку качества проводят на всех этапах жизненного цикла ПС: при анализе, проектировании, реализации, тестировании, изготовлении, внедрении, эксплуатации и обслуживании ПС – в следующей последовательности.

Показатели качества разделены на четыре уровня.

Первый уровень составляют показатели (факторы) качества.

Второй уровень образуют критерии качества (комплексные показатели).

Третий уровень составляют метрики (система показателей) критериев качества.

На четвертом уровне располагаются оценочные элементы, из которых составляются метрики и которые определяют заданное в метрике свойство. Число оценочных элементов, входящих в метрику, не ограничено. Выбор оценочных элементов в метрике зависит от функционального назначения конкретного ПС и проводится по результатам эксплуатации ПС с учетом данных, полученных при проведении испытаний различных видов.

Весовые коэффициенты показателей ( $V_{ij}^k$ ) задаются конкретными числами для каждого фактора и критерия качества на каждом этапе жизненного цикла ПС.

На фазе анализа проводят выбор показателей и их базовых значений. Для показателей качества на всех уровнях принимают единую шкалу оценки от нуля до единицы. Показатели качества на каждом вышестоящем уровне определяются показателями качества нижестоящего уровня, т. е. результаты оценки каждого фактора определяются результатами оценки соответствующих ему критериев, результаты оценки каждого критерия определяются результатами оценки соответствующих ему метрик и т. д.

На каждом уровне (кроме уровня оценочных элементов) проводят вычисления показателей качества ПС, под которыми понимают количественные значения абсолютных показателей ( $P_{ij}$ ), где  $j$  – порядковый номер показателя данного уровня для  $i$ -го показателя вышестоящего уровня, и относительных показателей ( $K_{ij}$ ), являющихся функцией показателя  $P_{ij}$  и базового значения  $P_{ij}^0$ .

Критерии и метрики характеризуются двумя числовыми параметрами: количественным значением и весовым коэффициентом ( $V_{ij}$ ), причем  $\sum_{j=1}^n V_{ij} = \text{const} = 1$ ,

где  $n$  – число показателей уровня  $l$ , относящихся к  $i$ -му показателю вышестоящего уровня ( $l - 1$ ).

Таблица значений базовых показателей качества ПС (таблица 6.1) различного назначения составляется методом экспертного опроса, а затем на основании полученных значений оценок факторов качества проводится общая оценка качества ПС в целом.

Усредненная оценка оценочного элемента по нескольким его значениям производится в соответствии с выражением

$$m_{kq} = \frac{\sum_{\varepsilon=1}^t m_{\varepsilon}}{t}, \quad (6.1)$$

где  $k$  – порядковый номер метрики;

$q$  – порядковый номер оценочного элемента;

$t$  – число значений оценочного элемента;

$\varepsilon$  – индекс суммирования.

Тогда итоговая оценка  $k$ -й метрики  $j$ -го критерия

$$P_{jk}^M = \frac{\sum_{i=1}^Q m_{ki}}{Q}, \quad (6.2)$$

где  $M$  – признак метрики;

$Q$  – число оценочных элементов в  $k$ -й метрике.

Абсолютный показатель критерия  $i$ -го фактора качества  $P_{ij}$  определяют по формуле

$$P_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (P_{jk}^M \cdot V_{jk}^M)}{\sum_{k=1}^n V_{jk}^M}, \quad (6.3)$$

где  $n$  – число метрик, отнесенных к  $j$ -му критерию.

Относительный показатель  $j$ -го критерия  $i$ -го фактора качества  $K_{ij}$

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{ij}^{\phi}}. \quad (6.4)$$

Фактор качества  $R_i^{\phi}$  вычисляется следующим образом:

$$R_i^{\phi} = \frac{\sum_{j=1}^N (K_{jk} \cdot V_{ij}^K)}{\sum_{j=1}^n V_{ij}^K}, \quad (6.5)$$

где  $\phi$  – признак фактора;

$N$  – число критериев качества, отнесенных к  $i$ -му фактору;

$K$  – признак критерия (по наименованию).

Таблица 6.1 – Базовые значения критериев качества ПС

Фактор	Наименование	Весовой коэффициент		
		$V_{ij}^K$	$P_{ij}^\delta$	$V_{ij}^M$
Надежность	Н1	1 – 0,5	1 – 0,9	0,5 – 0,3
	Н2	1 – 0,5	1 – 0,96	0,5
Сопровождаемость	С1	0,20	1 – 0,95	0,35 – 0,3
	С2	0,5 – 0,25	1 – 0,95	1 – 0,3
	С3	0,25 – 0,2	1	1 – 0,3
	С4	0,5 – 0,3	0,8	1 – 0,5
	С5	0,35 – 0,2	1	1 – 0,25
Удобство использования	У1	0,3 – 0,25	0,9 – 0,7	0,35 – 0,3
	У2	1 – 0,35	0,95	0,25 – 0,2
	У3	1 – 0,25	0,9 – 0,8	0,2
Эффективность	Э1	0,5 – 0,25	0,9 – 0,8	0,5 – 0,2
	Э2	1 – 0,25	0,9 – 0,8	0,7 – 0,3
	Э3	0,7 – 0,35	0,9 – 0,8	0,7 – 0,3
Универсальность	Г1	1 – 0,25	0,9 – 0,8	1 – 0,15
	Г2	1 – 0,25	0,8 – 0,7	0,35 – 0,3
	Г3	0,7 – 0,25	1 – 0,9	0,2
Функциональность	К1	0,25 – 0,2	1	1 – 0,5
	К2	0,3 – 0,2	1	0,35 – 0,14
	К3	0,3 – 0,2	1	1 – 0,5
	К4	0,2	0,9 – 0,8	0,8 – 0,5
	К5	0,2	0,8 – 0,7	0,3 – 0

Значение весового коэффициента выбирается из приведенного диапазона в зависимости от фаз жизненного цикла, по которым проводят оценку качества ПС по данному показателю, и от подкласса ПС.

Сравнивая полученные расчетные значения показателей с соответствующими базовыми значениями показателей существующего аналога ПС или расчетного ПС, принимаемого за эталонный образец, определяют качество исследуемого ПС. В качестве аналогов выбираются реально существующие сертифицированные ПС того же функционального назначения, с такими же основными параметрами, подобной структуры и применяемые в тех же условиях, что и исследуемые.

Оценку качества ПС на этапах разработки ПС проводят специалисты организации-разработчика; на этапах приемки ПС в фонд – специалистами организации-фондодержателя; на этапах испытаний и внедрения – специалистами испытательных центров и центров сертификации ПС; на этапах тиражирования – специалистами организации-изготовителя; на этапах внедрения, сопровождения и эксплуатации – специалистами организации-пользователя.

Выбор оценочных элементов производится на основании показателей, приведенных в ГОСТ 28195-99.

Сравнивая полученные расчетные значения показателей с соответствующими базовыми значениями показателей существующего аналога ПС или расчетного ПС, принимаемого за эталонный образец, определяют качество исследуемого ПС. В качестве аналогов выбираются реально существующие сертифицированные ПС того же функционального назначения, с такими же основными параметрами, подобной структуры и применяемые в тех же условиях, что и исследуемые.

Оценку качества ПС на этапах разработки ПС проводят специалисты организации-разработчика; на этапах приемки ПС в фонд – специалистами организации-фондодержателя; на этапах испытаний и внедрения – специалистами испытательных центров и центров сертификации ПС; на этапах тиражирования – специалистами организации-изготовителя; на этапах внедрения, сопровождения и эксплуатации – специалистами организации-пользователя.

### **6.1 Контрольные вопросы**

1 Перечислите показатели качества, характеризующие потребительски ориентированные свойства ПС.

2 Перечислите показатели качества, характеризующие программно-ориентированные свойства ПС.

3 От чего зависит выбор оценочных элементов в системе показателей качества ПС?

4 Каким образом оценивается фактор качества ПС?

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 СТБ П 8021 – 2003. Метрология. Основные термины и определения.
- 2 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах / под общ. ред. В. И. Нефедова. – М. : Высш. шк., 2005. – 599 с.
- 3 Дерябина, М. Ю. Основы измерений : учеб. пособие / М. Ю. Дерябина. – Минск : БГУИР, 2001. – 57 с.
- 4 Сергеев, А. Г. Метрология : учеб. пособие / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. – М. : Логос, 2001. – 407 с.
- 5 СТБ 8006 – 95. Государственный метрологический надзор и метрологический контроль. Основные положения. – Введ. 1996–01–01. – Минск, 1995.
- 6 О техническом нормировании и стандартизации : Закон Респ. Беларусь от 5 янв. 2004 г. №262-3 : текст по сост. на 5 янв. 2004 г. – Минск, 2004.
- 7 СТБ 1500-2004. Техническое нормирование и стандартизация. Термины и определения.
- 8 Вестник Национального информационного центра по техническим барьерам в торговле, санитарным и фитосанитарным мерам. – 2002. – №1.
- 9 Об участии в работе технических комитетов ИСО и МЭК // Новости стандартизации и сертификации. – 2005. – №4.
- 10 Гуревич, В. Л. Новые правила принятия международных стандартов / В. Л. Гуревич, А. Г. Лескова, А. А. Поживилко // Стандартизация. – 2007. – №3.
- 11 Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.belgiss.org.by/>.
- 12 Национальный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.tnpra.by/>.
- 13 Ляльков, С. В. Подтверждение соответствия в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь : учеб. пособие / С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2006.
- 14 Ляльков, С. В. Система менеджмента качества : учеб.-метод. пособие / С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2009. – 92 с.
- 15 Гличев, А. В. Основы управления качеством продукции / А. В. Гличев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2001.
- 16 Окрепилов, В. В. Управление качеством : учеб. для вузов / В. В. Окрепилов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Наука, 1998.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ.....	4
1.1 Основные термины и определения.....	4
1.2 Классификация измерений.....	7
1.3 Классификация методов измерений.....	8
1.4. Классификация погрешностей.....	10
1.5 Случайные погрешности и обработка результатов наблюдений.....	11
1.5.1 Распределения случайных величин и их числовые характеристики.....	11
1.5.2 Оценка погрешностей результатов прямых измерений с многократными наблюдениями.....	14
1.5.3 Оценка погрешностей косвенных измерений.....	16
1.6 Систематические погрешности измерения.....	17
1.6.1 Классификация и обнаружение систематических погрешностей.....	17
1.6.2 Суммирование неисключенных систематических погрешностей.....	19
1.7 Оценка суммарной погрешности результата измерения.....	19
1.8 Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями.....	20
1.9 Формы представления результатов измерений.....	21
1.10 Контрольные задания.....	22
2 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ.....	23
2.1 Структура метрологического обеспечения в Республике Беларусь.....	23
2.2 Метрологическое обеспечение алгоритмов и программ обработки данных при измерениях.....	28
2.3 Классификация алгоритмов обработки данных при измерениях.....	31
2.4 Контрольные задания.....	35
3 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЙ.....	35
3.1 Общая характеристика средств измерений.....	35
3.2 Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.....	39
3.3 Технические характеристики средств измерений.....	42
3.4 Общие сведения об электромеханических приборах.....	43
3.5 Методическая погрешность при измерении силы тока.....	44
3.6 Расширение пределов измерения силы тока.....	45
3.7 Измерение напряжения электронными аналоговыми вольтметрами.....	46
3.7.1 Аналоговые вольтметры прямого преобразования.....	46
3.7.2 Вольтметры переменного напряжения.....	47
3.7.3 Расширение пределов измерения напряжения.....	48
3.7.4 Методическая погрешность при измерении напряжения.....	48
3.7.5 Измерение постоянного напряжения цифровыми вольтметрами.....	49

3.8 Основные принципы автоматизации измерений .....	50
3.9 Контрольные задания .....	54
4 ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ.....	54
4.1 Законодательная и правовая основы технического нормирования и стандартизации .....	54
4.2 Классификация и виды технических нормативных правовых актов.....	57
4.3 Международная стандартизация.....	63
4.4 Стандартизация информационных технологий .....	68
4.5 Контрольные вопросы .....	71
5 ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ .....	72
5.1 Законодательные и нормативные документы в области качества. Государственная программа «Качество» .....	72
5.2 Международные стандарты серии ИСО 9000 .....	73
5.3 Элементы полной системы качества .....	76
5.4 Законодательная и нормативная база подтверждения соответствия .....	80
5.4.1 Сертификация продукции.....	84
5.4.2 Декларирование соответствия продукции.....	88
5.4.3 Сертификация услуг.....	90
5.4.4 Сертификация компетентности персонала .....	91
5.4.5 Сертификация систем менеджмента качества.....	91
5.5 Контрольные вопросы .....	92
6 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ .....	93
6.1 Контрольные вопросы .....	100
ЛИТЕРАТУРА .....	101

*Учебное издание*

**Дерябина Марина Юрьевна**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Т. П. Андрейченко*

Корректор *Л. А. Шичко*

Компьютерная верстка и дизайн обложки *Е. С. Чайковская*

Подписано в печать 09.06.2011. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 6,0. Тираж 100 экз. Заказ 175.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6