

ТЕКСТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в литературе, посвященные вопросам экономики, организации производства, конкретным вопросам конструирования и технологии, а также в средствах массовой информации все чаще используют такие недавно еще малознакомые термины, как метрология, стандартизация, сертификация. Насущным для всех без исключения граждан становится понятие качества. Так что же это такое: качество, метрология и метрологическое обеспечение, стандартизация, сертификация и почему именно сейчас к ним так привлечено всеобщее внимание? Попробуем ответить на этот вопрос исходя из важнейших и первоочередных задач, стоящих перед обществом и страной.

Известно, что качество - это способность продукции, процесса или услуги удовлетворять потребности общества или отдельного лица. При этом только стандартизация обеспечивает единственную реальную возможность установить необходимые требования, при выполнении которых обеспечивается заданный уровень качества. Грамотный и вовремя внедренный стандарт - закон, основа требований к качеству и его показателям.

В свою очередь, метрология и связанная с ней измерительная техника - необходимые составляющие любого производства и научных исследований, которые позволяют получить объективную информацию о фактических значениях параметров, характеризующих качество. Любое, даже самое важное и крайне необходимое требование, не подкрепленное возможностью измерений и контроля, превращается в благое пожелание.

И, наконец, сертификация - это средство защиты кошелька а, во многих случаях, здоровья и даже жизни потребителя от недобросовестности производителя любых товаров и услуг. Она является практически стопроцентной гарантией их качества и безопасности. Неслучайно то, что несертифицированная продукция или услуга не могут быть реализованы на цивилизованном мировом рынке. В свою очередь, сертификация немислима без опоры на стандартизацию, метрологию и вычислительную технику.

Из всего сказанного становится ясно, что метрология, стандартизация и сертификация являются теми областями, которые определяют сейчас и будут определять техническую политику в XXI веке. Они не только впитывают в себя все самое передовое из других наук и практического опыта, но и оказывают на них существенное стимулирующее воздействие. Разумеется, что без серьезной подготовки в этих областях знаний немислим современный инженер.

Пособие состоит из трех разделов, посвященных соответственно основам метрологии, стандартизации и сертификации.

1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

Вся история развития науки и техники свидетельствует о том, что этот процесс непрерывно связан с возможностями осуществления и совершенствования измерений. Теоретической основой измерений является метрология.

Понятие “измерение” встречается в различных науках (математике, физике, химии, психологии, экономике и др.), но в каждой из них оно может толковаться по-разному. Поэтому рассматриваемые далее основные проблемы и задачи относятся только к измерениям физических величин.

1.1 Основные термины и определения в области метрологии

В метрологии, как и в любой другой науке, недопустимо произвольное толкование применяемых терминов. Поэтому один из основных стандартов ГОСТ 16263-70 “Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения” специально регламентирует терминологию в области метрологии. Для каждого понятия устанавливается один стандартизированный термин, которому дается соответствующее определение. Мы ограничимся определением только основных терминов, необходимых для усвоения материала пособия.

1.1.1 Основные понятия в области метрологии

Метрология - наука об измерениях, методах и средствах их единства и способах достижения требуемой точности. К задачам метрологии относятся не только теоретические вопросы обеспечения единства измерений и достижения требуемой точности, но и установление обязательных правил, требований и организационных мероприятий, направленных на достижение этих целей. В связи с этим различают теоретическую и законодательную метрологию.

Содержанием теоретической метрологии является разработка и совершенствование теоретических основ измерений и измерительной техники, научных основ обеспечения единства измерений в стране. К ее основным проблемам относятся: развитие общей теории измерений и теории погрешностей, в том числе 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.

Законодательная метрология - раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, требований и норм, а также другие вопросы, требующие регламентации и контроля со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений. Ее основная задача - создание и совершенствование системы государственных стандартов, которые устанавливают правила, требования и нормы, определяющие организацию и методику проведения работ по обеспечению единства и точности измерений, а также организация и функционирование соответствующей государственной службы.

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью.

Единообразие средств измерений - состояние средств измерений, характеризующееся тем, что они проградуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства соответствуют нормам.

Для организации обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений в стране создана метрологическая служба.

Метрологическая служба - сеть государственных и ведомственных органов и их деятельность, направленная на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений в стране. Эти органы осуществляют надзор за состоянием средств измерений и обеспечивают передачу размера единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений.

Физическая величина - свойство общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Индивидуальность в количественном отношении следует понимать в том смысле, что свойство может быть для каждого объекта в определенное число раз больше или меньше, чем для другого. Для выражения количественного различия между одноименными величинами используют понятие “размер физической величины”.

Размер физической величины - количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию “физическая величина”. Размер величины существует объективно, независимо от того, знаем мы его или нет, можем мы его измерить или не можем. Целью измерения и является определение размера величины, причем результат измерения должен выражаться числом.

Оценка физической величины в виде некоторого числа принятых для него единиц называется значением физической величины, а отвлеченное число, входящее в значение физической величины, называется числовым значением (например, 5 А - значение тока, причем число 5 - это числовое значение).

Единица физической величины - физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1. Каждая единица физической величины имеет свое наименование (ампер, ом, вольт и т.д.). Единицы физических величин подразделяются на основные и производные и объединяются в соответствии с принятыми принципами в системы единиц физических величин. У нас в стране установлено обязательное применение Международной системы единиц (СИ), введено ГОСТ 8.417-81 ГСИ.

1.1.2 Измерения физических величин

Измерение - нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств, называемых средствами измерений. Получаемая при этом информация называется измерительной информацией.

Измерения классифицируются в зависимости от способа получения измерительной информации, от характера поведения измеряемой величины, от способа выражения результатов и от условий, определяющих точность измерений.

В зависимости от способа получения измерительной информации, измерения подразделяются на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямое измерение - это измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Прямые измерения часто встречаются в практике электрорадиоизмерений. Это измерение тока амперметром, напряжения с помощью вольтметра и т.д. Математически прямые измерения можно записать элементарной формулой:

$$Q = X, \quad (1)$$

где Q - искомое (истинное) значение измеряемой величины;

X - значение величины, найденное путем ее измерения и называемое результатом измерения.

Косвенное измерение - измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Косвенные измерения выражаются следующей формулой:

$$Q = f(X_1, X_2, \dots, X_m), \quad (2)$$

где X_1, X_2, \dots, X_m - результаты прямых измерений величин, связанных известной функциональной зависимостью f с искомым значением измеряемой величины Q . Косвенные измерения также характерны для практики электрорадиоизмерений. В качестве примеров можно назвать определение сопротивления по результатам прямых измерений тока и напряжения; определение резонансной частоты колебательного контура по результатам измерений емкости и индуктивности контура и т. д.

Совокупные измерения - это производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. В качестве примера можно привести определение массы отдельных гирь набора по известной массе одной из них.

Совместные измерения - это производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для нахождения зависимости между ними. На практике - это снятие всевозможных характеристик: вольт-амперной, фазочастотной, температурной и т.д.

Таким образом, совокупные измерения основываются на известных уравнениях, отражающих произвольное комбинирование величин, а совместные - на уравнениях, отражающих существующие связи между измеряемыми величинами. Следовательно, совокупные измерения можно рассматривать как обобщение прямых измерений, а совместные - как обобщение косвенных измерений.

Если измеряемая величина остается в процессе измерения постоянной, такие измерения называют статическими. Если же она изменяется, измерения будут динамическими. Динамические измерения, в свою очередь, могут быть непре-

рывными (применяемые технические средства позволяют непрерывно следить за значениями измеряемой величины) и дискретными (значения измеряемой величины фиксируются только в отдельные моменты времени).

По способу выражения результатов измерения подразделяются на абсолютные и относительные.

Абсолютное измерение - измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использование значений физических констант. Результат измерения непосредственно выражается в единицах измеряемой величины: измерение сопротивления в омах, емкости в фарадах, длины в метрах и т.д.

Относительное измерение - измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Характерными примерами таких измерений являются измерения коэффициентов усиления или ослабления, отношения напряжений и мощностей и т.д. Величина, полученная в результате измерения бывает безразмерной. Для таких величин Международной системой единиц допускается применение относительных логарифмических единиц (бел, октава, декада) и других относительных единиц (процент, и т.д.).

По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на три класса:

1. Измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. К ним относятся эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения размера единиц физических величин, измерения универсальных физических констант (заряда электрона, скорости света и т.д.), астрономические измерения и т.д. Границы погрешностей таких измерений рассчитываются по специальным методикам.

2. Контрольно-поверочные измерения - погрешность которых не должна превышать некоторое заданное значение. Такие измерения выполняются для определения погрешностей поверяемых средств измерений в специальных центрах (лабораториях). Заданная точность обеспечивается применением специальных средств измерений, называемых образцовыми, и специальных методик измерений. Погрешность контролируемого средства измерений определяется как разность между его показаниями и показаниями образцового средства измерений.

3. Технические (рабочие) измерения, в которых погрешность результата измерения определяется характеристиками средств измерений. Технические измерения выполняются в процессе производства и эксплуатации в целях проверки соответствия контролируемых параметров заданным, настройки различных устройств и т.д. Это самый распространенный класс измерений. Средства измерений, применяемые для этих измерений, называются рабочими средствами измерений.

Измерения базируются на определенных принципах.

Принцип измерений - это совокупность физических явлений, на которых основаны измерения. Совокупность приемов использования принципов и средств измерений определяется как метод измерений. Метод измерений является основной характеристикой конкретных измерений. Различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения.

Метод непосредственной оценки - метод измерений при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. В НТД и литературе этот метод иногда называют методом прямого преобразования.

Метод сравнения - метод измерений, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Метод сравнения реализуется на практике в виде следующих модификаций: нулевой метод, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля (его называют также компенсационным); дифференциальный метод, при котором образуют и измеряют разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой; метод совпадений, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов; метод противопоставления, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами.

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

Наблюдением при измерении называется единичная экспериментальная операция, результат которой - результат наблюдения - всегда имеет случайный характер. Он представляет собой одно из значений измеряемой величины, которые для получения результата измерения необходимо совместно обработать. От числа наблюдений зависит способ обработки экспериментальных данных и оценка погрешностей измерений.

Часто встречается также термин алгоритм измерения. Под ним следует понимать точное предписание о порядке выполнения операций, обеспечивающих измерение искомого значения физической величины.

1.1.3 Погрешности измерений

Значение физической величины X , полученное в результате измерения, всегда отличается от истинного значения этой величины Q . Истинное значение характеризует количественно размер измеряемой величины и существует объективно, независимо от процесса измерения. Результат измерения может быть записан в виде

$$X = Q \pm p.$$

Таким образом, любое измерение всегда выполняется с некоторой погрешностью. Как следует из приведенного выше выражения, погрешностью измере-

ния называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины, т.е.

$$p = X - Q .$$

Тщательное выполнение измерений, использование более точных средств измерений, применение различных методов и приемов измерений может в лучшем случае снизить погрешность измерения, но исключить погрешность из результатов измерений невозможно. Поэтому в задачу каждого измерения входит оценка погрешности.

Причины возникновения погрешностей измерений разнообразны. К основным можно отнести: несовершенство методов и средств измерений, применяемых при измерениях, воздействие внешних условий на результаты измерений, объективные и субъективные недостатки экспериментатора.

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

Абсолютная погрешность - погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины. В принципе она определяется формулой

$$\Delta = X - Q . \quad (3)$$

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

Относительная погрешность - отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, т.е.

$$\delta = \frac{\Delta}{Q} . \quad (4)$$

Часто на практике относительную погрешность выражают в процентах

$$\delta = \frac{\Delta}{Q} \cdot 100 \% . \quad (5)$$

Наряду с понятием “погрешность” широко применяют понятие “точность”. Точность измерений - это характеристика качества измерений, отражающая близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Как правило термин “точность” употребляют в сочетании со словами, характеризующими точность измерений качественно: “высокая точность измерений”, “низкая точность измерений” и т.п.

Количественно точность измерений оценивают величиной, обратной модулю относительной погрешности

$$\varepsilon = \frac{1}{|\delta|} . \quad (6)$$

Отсюда видно, что чем меньше погрешность, тем выше точность и наоборот.

Так как истинное значение измеряемой величины Q нам никогда не известно, то при количественной оценке погрешностей на практике его заменяют так называемым действительным значением X_d . Это значение, найденное экспериментально, настолько близко к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него. При малых значениях относительной погрешности ($\delta \ll 1$, что обычно выполняется на практике) в качестве X_d используют результат измерения X . При поверках средств измерений за действительное принимают значение, полученное с помощью более точного образцового средства измерений.

В зависимости от характера проявления погрешности делятся на систематические, случайные и грубые.

Систематическая погрешность - составляющая погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность - составляющая погрешности измерения, которая изменяется случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Грубая погрешность - это погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях. Грубая погрешность может носить как случайный, так и систематический характер.

В результатах измерений все эти погрешности присутствуют, как правило, одновременно и, более того, на практике их бывает трудно различить и разграничить. Поэтому очень важно уметь обнаружить и правильно оценить все погрешности.

В зависимости от характера влияния на результат измерения погрешности делят на аддитивные и мультипликативные.

Аддитивной называют погрешность, значение которой не зависит от значения измеряемой величины.

Мультипликативной называют погрешность, значение которой изменяется с изменением измеряемой величины. Оба эти вида погрешностей могут иметь как случайный, так и систематический характер. Кроме того, на практике погрешности измерений часто имеют как аддитивную, так и мультипликативную составляющие.

В зависимости от источника возникновения различают четыре основные составляющие погрешности измерения.

Методическая погрешность (погрешность метода измерения) возникает из-за несовершенства метода измерений и обработки их результатов. Как правило, эта составляющая погрешности является систематической.

Инструментальная погрешность (называется также аппаратурной) определяется погрешностями применяемых для измерения средств измерений. Необходимо четко отличать погрешности измерений от погрешностей средств измерений, применяемых для их проведения. Погрешность средств измерений - это только одна из составляющих погрешности измерений, а именно инструмен-

тальная погрешность. В свою очередь, погрешность средства измерений также является суммарной погрешностью погрешностей его отдельных функциональных узлов, которые могут быть как систематическими, так и случайными.

Внешняя погрешность - составляющая погрешности измерения. Она обусловлена отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормальных значений (влияние температуры, влажности, внешних магнитных и электрических полей и т.п.). Как правило, внешние погрешности являются систематическими.

Субъективная (личная) погрешность обусловлена индивидуальными особенностями экспериментатора. Эта составляющая может быть как систематической, так и случайной.

1.1.4 Средства измерений

Средство измерений (СИ) - это техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические свойства. ГОСТ 16263-70 ГСИ регламентирует классификацию всех СИ по техническому и метрологическому назначению.

По техническому назначению СИ подразделяются на меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи и вспомогательные СИ. Кроме того, совокупность различных СИ может образовывать измерительные установки и системы.

Мера - это СИ, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Мера необходима при реализации всех модификаций метода сравнения, т.к. именно с ее помощью получают величину, значение которой известно. Меры могут быть однозначными (воспроизводят величину одного размера) и многозначными (воспроизводят ряд одноименных величин различного размера). Специально подобранный комплект мер, применяемых не только по отдельности, но и в различных сочетаниях с целью воспроизведения ряда одноименных величин различного размера, называется набором мер.

Измерительный прибор - СИ, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы - самый распространенный вид СИ. Они могут быть аналоговыми и цифровыми.

Измерительный преобразователь - СИ, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Измерительные преобразователи могут как входить в состав измерительных приборов, так и применяться самостоятельно. Для категории средств измерений, охватывающей измерительные приборы и измерительные преобразователи, допускается применять термин "измерительные устройства".

Вспомогательное средство измерений - СИ величин, влияющих на метрологические свойства другого СИ при его применении или поверке. К ним относятся, например, СИ, применяемые для контроля внешних условий (температу-

ры, давления и т.п.) при выполнении измерений другими СИ или при их поверке.

В комплект некоторых СИ входят принадлежности, которые могут оказывать влияние на метрологические свойства СИ. К принадлежностям относятся: градуировочные графики, таблицы, номограммы, соединительные кабели с нормированными коэффициентами отражения и затухания и др. Сами принадлежности средствами измерений не являются. Измерительная установка - совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенная в одном месте.

Измерительная система - совокупность СИ и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

По метрологическому назначению все СИ дифференцируются на эталоны, образцовые и рабочие СИ.

Эталон - СИ (или комплекс СИ), предназначенное для определения, воспроизводства и (или) хранения единицы физической величины с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона.

Образцовое СИ - мера, измерительный прибор или измерительный преобразователь, имеющие высокую точность и служащие для поверки других СИ и утвержденные в качестве образцовых.

Рабочее СИ - СИ, применяемое для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

1.1.5. Погрешности средств измерений

При использовании СИ всегда имеют место погрешности, обусловленные несовершенством самого СИ. Так, показания измерительного прибора отличаются от действительного значения измеряемой величины, значение величины, воспроизводимой мерой, отличается от номинального значения меры, действительная характеристика преобразователя отличается от номинальной. Это отличие называют погрешностью средства измерений. Не следует отождествлять погрешность СИ и погрешность результата измерения. Погрешность СИ является свойством конкретного СИ, которое присуще только ему, даже если СИ не используется, и которое регламентируется стандартами в виде нормируемых метрологических характеристик СИ. Знание этих характеристик позволяет при рабочих измерениях приближенно оценивать границы погрешности результата измерения, если другими его составляющими можно пренебречь.

Погрешность СИ может быть представлена в форме абсолютной, относительной и приведенной погрешности. Абсолютная ($\Delta_{\text{п}}$) и относительная ($\delta_{\text{п}}$) погрешности СИ определяются соответственно по формулам (3) и (4) или (5), только в них вместо результата измерения X должна фигурировать величина $X_{\text{п}}$ - показание СИ (значение величины, определяемое по отсчетному устройству СИ). Приведенная погрешность определяется как отношение $\Delta_{\text{п}}$ к некоторому нормирующему значению $X_{\text{Н}}$ и выражается в процентах

$$\gamma_{\text{п}} = \frac{\Delta_{\text{п}}}{X_{\text{Н}}} \cdot 100 \% . \quad (7)$$

Приведенная погрешность введена, в первую очередь, для характеристики показателей точности СИ, диапазон применяемых величин которых включает и нулевое значение, так как если измеряемая величина приближается к нулю, то $\delta_{\text{п}}$ любого СИ независимо от его точности стремится к бесконечности. Кроме того, $\gamma_{\text{п}}$ позволяет в отличие от $\Delta_{\text{п}}$ и $\delta_{\text{п}}$ выявить потенциальные возможности СИ в плане минимизации инструментальной составляющей погрешности результата измерения.

Нормирующее значение $X_{\text{Н}}$ - это условно принятое значение, которое может быть равным верхнему пределу измерений, диапазону измерений, длине шкалы и др.

Правила выбора $X_{\text{Н}}$ регламентируются ГОСТ 8.401-80 ГСИ.

Для средств измерений с равномерной, практически равномерной (шкала, длина делений которой отличается друг от друга не более чем на 30 % и имеет постоянную цену деления) или степенной шкалой, нормирующее значение $X_{\text{Н}}$ следует устанавливать равным пределу измерений, если нулевое значение находится на краю или вне диапазона измерений, или равным большему из модулей пределов измерений (если один значительно превышает другой) либо сумме модулей пределов измерений (если они равны, или отличаются незначительно), если нулевое значение находится внутри диапазона измерений, либо модулю разности пределов измерений, если шкала не содержит нуля.

Для СИ с установленным номинальным значением $X_{\text{Н}}$ устанавливают равным этому номинальному значению.

Для СИ с существенно неравномерной шкалой (шкала с сужающимися делениями, для которой значение выходного сигнала, соответствующее полусумме верхнего и нижнего пределов диапазона измерений входного (выходного) сигнала находится в интервале между 65 и 100 % длины шкалы, соответствующей диапазону изменений входного (выходного) сигнала) $X_{\text{Н}}$ устанавливают равным длине рабочего участка шкалы. В этом случае абсолютную погрешность выражают, как и длину шкалы, в единицах длины.

Погрешность СИ включает целый ряд систематических и случайных составляющих и зависит от условий его эксплуатации. Погрешность СИ, используемого в нормальных условиях, называется основной погрешностью СИ. Изменение погрешности СИ, вызванное отклонением одной из влияющих величин от

нормального значения или выходом за пределы нормальной области, называется дополнительной погрешностью СИ. Обычно дополнительная погрешность указывается для каждой из влияющих величин. Нормальные значения (нормальные области значений) влияющих величин и допускаемые отклонения от них установлены в ГОСТ 22261-94.

Погрешности СИ нормируются установлением пределов допускаемых основной и дополнительных погрешностей. Способы нормирования и формы представления этих пределов должны быть установлены в стандартах и (или) технических условиях на конкретные СИ и соответствовать требованиям ГОСТ 8.009-84 ГСИ и ГОСТ 8.401-80 ГСИ. Их выражают в форме абсолютной, относительной и приведенной погрешностей в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения СИ конкретного вида. Пределы допускаемой дополнительной погрешности допускается выражать в форме, отличной от формы выражения пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливаются по формулам:

$$\Delta_{\text{п}} = \pm a \quad (8)$$

или

$$\Delta_{\text{п}} = (a+bX), \quad (9)$$

где $\Delta_{\text{п}}$ - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности; a и b - положительные числа, не зависящие от X .

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются по формулам:

$$\delta_{\text{п}} = \frac{\Delta_{\text{п}}}{X} = \pm q, \quad (10)$$

или

$$\delta_{\text{п}} = \frac{\Delta_{\text{п}}}{X} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_{\text{к}}}{X} \right| - 1 \right) \right], \quad (11)$$

где $\delta_{\text{п}}$ - пределы допускаемой относительной основной погрешности в %; $X_{\text{к}}$ - больший (по модулю) из пределов измерений; q , c и d - положительные числа, выбираемые из ряда

$$(1; 1.5; 2; 2.5; 3; 4; 5; 6) \cdot 10^n, \quad n = 1, 0, -1, -2, \dots \quad (12)$$

$$c = b + d; \quad d = \frac{a}{X_{\text{к}}}. \quad (13)$$

Соотношение между числами c и d устанавливается в стандартах на конкретные СИ. Кроме того в них должно быть установлено минимальное значение X , равное X_0 , начиная от которого применим принятый способ выражения пределов допускаемой основной относительной погрешности.

В обоснованных случаях $\Delta_{\text{п}}$ и $\delta_{\text{п}}$ могут устанавливаться по более сложным формулам или в виде графика либо таблицы. В частности, согласно ГОСТ 22261-94 допускается значения $\delta_{\text{п}}$ выражать в децибелах по формуле

$$\delta_{\text{п}} = A \cdot \lg \left(1 + \frac{\Delta_{\text{п}}}{X} \right), \quad (14)$$

где $A=10$ при измерении мощности и других энергетических величин и $A=20$ при измерении напряжения, тока и других электрических величин.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности устанавливаются по формуле

$$\gamma_{\text{п}} = \frac{\Delta_{\text{п}}}{X_{\text{N}}} = \pm p, \quad (15)$$

где p - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда (12).

Если границы абсолютных погрешностей можно полагать практически неизменными в диапазоне измерений, то пределы допускаемых погрешностей устанавливаются по формулам (8), (10) и (15). Если же их можно полагать изменяющимися практически линейно, то по формулам (9) и (11), в которых первые слагаемые характеризуют аддитивную (не зависящую от X), а вторые - мультипликативную (зависящую от X) составляющие погрешности СИ.

Выражение пределов допускаемой погрешности в форме приведенных и относительных погрешностей является предпочтительным, так как они остаются одинаковыми для СИ одного уровня точности, но с различными верхними пределами измерений.

Пределы допускаемых дополнительных погрешностей устанавливают:

в виде постоянного значения для всей рабочей области влияющей величины или в виде постоянных значений по интервалам рабочей области влияющей величины;

путем указания отношения предела допускаемой дополнительной погрешности, соответствующего регламентированному интервалу влияющей величины, к этому интервалу;

путем указания зависимости предела допускаемой дополнительной погрешности от влияющей величины (предельной функции влияния);

путем указания функциональной зависимости пределов допускаемых отклонений от нормальной функции влияния.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, как правило, устанавливают в виде дольного (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности должны быть выражены не более чем двумя значащими цифрами, причем погрешность округления при вычислении пределов должна быть не более 5 %.

Обобщенной характеристикой СИ является класс точности. Он определяется пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также

другими свойствами СИ, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на конкретные виды СИ.

Для обозначения классов точности используются прописные буквы латинского алфавита, римские и арабские цифры, которые наносятся на шкалах или корпусах СИ и указываются в технической документации на эти средства. Способ обозначения класса точности определяется формой выражения основной погрешности.

Если пределы допускаемой основной погрешности выражены в форме Δ_n или одной из сложных форм δ_n , то для обозначения классов точности применяются прописные буквы латинского алфавита или римские цифры. В необходимых случаях к обозначению класса точности буквами латинского алфавита допускается добавлять индексы в виде арабской цифры. Классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, должны соответствовать буквы, находящиеся ближе к началу алфавита, или цифры, означающие меньшие числа. Если же эти пределы выражены в формах γ_n и по формуле (10) для δ_n , то классы точности обозначают числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах. Если пределы выражаются значением δ_n по формуле (11), то классы точности обозначают числами с и d, разделяя их косой чертой.

Если СИ имеет два и более диапазонов измерений или оно способно измерять несколько физических величин, то такое СИ может иметь разные классы точности для различных диапазонов и для каждой измеряемой величины.

Примеры обозначения классов точности приведены в таблице 1.1.

1.2. Систематические погрешности измерений

1.2.1. Способы обнаружения систематических погрешностей

Систематические погрешности в соответствии с определением - детерминированные величины, которые в зависимости от характера проявления могут быть постоянными и переменными. Постоянные погрешности в процессе измерений не изменяют своих значений и знаков. Переменные погрешности могут изменяться либо монотонно (прогрессивные погрешности), или периодически (периодические погрешности), или по сложному закону.

Таблица 1.1 – Примеры обозначения классов точности

Форма выражения погрешности	Способ нормирования основной погрешности	Предел допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в документации	на СИ
1	2	3	4	5
Абсолютная	По формулам (8) и (9) и др. более сложным формам	Указывается в нормативно-технической документации	Класс точности М Класс точности IV Класс точности B ₂	М IV B ₂
Относительная	По формуле (10)	$\delta_n = \pm 2,5$	Класс точности 2,5	(2,5)

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5
	По формуле (11) По одной из сложных форм	$\delta_{\text{п}} = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\frac{X_{\text{к}}}{X} - 1 \right) \right]$ Указывается в нормативно-технической документации	Класс точности 0,02/0,01 Класс точности С Класс точности Н ₁ Класс точности II	0,02/ 0,01 С Н ₁ II
Приведенная	По формуле (15): X _N выражено в единицах измеряемой величины X _N выражено в длине рабочего участка шкалы	$\gamma_{\text{п}} = \pm 1,5$ $\gamma_{\text{п}} = \pm 4,0$	Класс точности 1,5 Класс точности 4,0	1,5 4,0 ✓

Наличие систематических погрешностей устойчиво искажает результаты измерений. Отсутствие или близость их к нулю определяет правильность измерений. Поэтому, чтобы обеспечить правильность измерений, необходимо предусматривать обнаружение, оценку и уменьшение (если возможно, то и исключение) систематических погрешностей.

Обнаружение систематических погрешностей представляет собой сложную метрологическую задачу. Особенно трудно обнаружить постоянную систематическую погрешность. Тем не менее известны способы и приемы обнаружения систематических погрешностей, которые могут быть условно разбиты на две группы: теоретические и экспериментальные.

Теоретические способы возможны и эффективны тогда, когда известно или может быть получено аналитическое выражение для искомой погрешности на основании определенной априорной информации. Характерным примером является обнаружение и оценка методических погрешностей, которые возникают при введении различных упрощений, допущений и т.п. во вновь разрабатываемый метод измерений (с целью упрощения, например, СИ, реализующих этот метод). Действительно, вводя какие-то упрощения или допущения, как правило, одновременно имеем возможность описать их соответствующими аналитическими выражениями, т.е. в конечном счете оценить возникающие методические погрешности.

Экспериментальные способы также предполагают наличие определенной информации об исследуемых погрешностях, но эта информация носит лишь качественный характер. Обнаружение и оценка систематических погрешностей в таких случаях возможны после проведения специальных экспериментальных исследований и обработки их результатов. Эти исследования представляют собой измерительные наблюдения при изменении условий наблюдений (перемещение СИ, перемещение и замена соединительных проводников, отключение различных электроустановок и вспомогательных СИ и т.д.).

Хорошие результаты дают многократные измерения. Получаемые таким образом результаты наблюдений содержат систематические погрешности и называются неисправленными. Они образуют ряд X'_1, X'_2, \dots, X'_n , (n - число наблюдений), который позволяет вычислить неисправленное среднее арифметическое значение

$$\overline{X'} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_i \quad (16)$$

и неисправленные случайные отклонения результатов отдельных наблюдений

$$V'_i = X'_i - \overline{X'} \quad (17)$$

Для обнаружения систематических погрешностей строится график $V'_j(i)$, вид которого зависит от характера систематической погрешности. Если, например, неисправленные отклонения результатов наблюдений резко изменяются при изменении условий наблюдений, то данные результаты содержат постоянную систематическую погрешность, зависящую от этих условий. Если наблюдается общая тенденция к возрастанию или убыванию отклонений, то данные результаты содержат прогрессивную систематическую погрешность. Чередование знаков (групп знаков) отклонений свидетельствует о наличии периодической систематической погрешности.

Рассмотренные способы позволяют лишь качественно оценить систематическую погрешность и объективны только в тех случаях, когда сопутствующие случайные погрешности значительно меньше систематических. Для количественной оценки искомой погрешности необходимо проводить дополнительные экспериментальные исследования: оценка погрешности по результатам поверки СИ, проведение измерений двумя разными приборами, проведение дополнительных измерений, позволяющих косвенным образом оценить искомую погрешность и т.д.

Так как важнейшие источники систематических погрешностей при измерениях известны, то разработаны методики измерений, позволяющие исключить возникновение этих погрешностей или устранить их влияние на результат измерения. В этом случае устранение систематических погрешностей осуществляется не путем математической обработки экспериментальных данных, а применением соответствующих методик измерений. Но это не всегда возможно, поэтому рассмотрим наиболее распространенные приемы и методы уменьшения систематических погрешностей.

1.2.2. Способы уменьшения систематических погрешностей

Если систематическая погрешность обнаружена и оценена, она может быть уменьшена или исключена из результатов измерений. Это может осуществляться на всех этапах измерительного эксперимента: при планировании и подготовке эксперимента, непосредственно в процессе измерений и при обработке полученных результатов измерений.

На этапе планирования и подготовки эксперимента очень важным является правильный выбор метода и СИ, определение источников и номенклатуры систематических погрешностей, составление плана эксперимента и такая его постановка, которая уменьшала бы выявленные систематические погрешности. Для этого рекомендуется: тщательно устанавливать нули и калибровать СИ; прогревать их в течение времени, указанного в инструкции по эксплуатации; применять при сборке короткие соединительные провода, а на ВЧ и СВЧ специальные кабели и линии передачи; правильно устанавливать и размещать СИ; в необходимых случаях осуществлять экранирование и термостатирование; применять только поверенные СИ и т.д.

В процессе измерений некоторые систематические погрешности могут быть исключены с помощью одного из следующих способов.

Способ замещения, при котором измеряемый объект заменяется образцовой мерой, находящейся в тех же условиях, что и сам объект. Этот способ является одной из модификаций метода сравнения и поэтому широко применяется в измерительной практике.

Способ компенсации по знаку, при котором измерения проводят дважды так, чтобы неизвестная по абсолютному значению, но известная по своей природе систематическая погрешность входила в результаты наблюдений с противоположным знаком. Тогда полусумма этих результатов будет свободна от погрешности. Так можно исключить погрешности из-за трения, люфта и др. Разновидностью этого способа является способ противопоставления.

Способ симметричных наблюдений, при котором измерения проводят последовательно через одинаковые интервалы изменения аргумента. За окончательный результат принимается среднее значение любой пары симметричных наблюдений относительно середины интервала измерений. Этот способ эффективен при исключении прогрессивной погрешности, являющейся линейной функцией аргумента (например, времени, температуры, давления и т.п.).

Эффективным способом уменьшения систематических погрешностей является их рандомизация, т.е. перевод в случайные. Пусть, например, имеется n однотипных приборов с систематической погрешностью одинакового происхождения. Если для данного прибора эта погрешность постоянна, то от прибора к прибору она изменяется случайным образом. Поэтому измерение одной и той же величины всеми приборами и усреднение результатов полученных наблюдений позволяют значительно уменьшить эту погрешность. Того же эффекта можно добиться, изменяя методику и условия эксперимента или те параметры, от которых не зависит значение измеряемой величины, но зависят систематические погрешности ее измерения.

После проведения измерений при их обработке могут быть исключены систематические погрешности с известными значениями и знаками. Для этого в неисправленные результаты наблюдений вводятся поправки (q) или поправочные множители (η).

Поправка - это значение величины, одноименной с измеряемой, прибавляемое к полученному при измерении значению величины для исключения систематической погрешности. Следовательно поправка равна по абсолютному значению систематической погрешности, но противоположна ей по знаку: $q = -\Delta_c$.

$$X = X' + q \quad (18)$$

Поправочный множитель - число, на которое умножают результат измерения с целью исключения систематической погрешности :

$$X = \eta \cdot X' \quad (19) \quad \text{Поправки исключают аддитивную погрешность, а поправочные множители - мультипликативную.}$$

Поправка или поправочный множитель могут быть определены экспериментально, например, при поверке СИ или в результате специальных исследований. Они задаются в виде таблиц, графиков или формул, отражающих связь погрешности с измеряемой или влияющей величиной.

1.2.3. Суммирование неисключенных систематических погрешностей

Систематические погрешности, которые остаются в результатах измерений после проведения операций обнаружения, оценки и исключения, называются неисключенными систематическими погрешностями (НСП). В принципе любой результат измерения содержит НСП, которые образуются из многих составляющих (метода, СИ, вызванные другими источниками). При обработке результатов измерений они суммируются со случайными, но прежде отдельные НСП должны быть просуммированы между собой для оценки доверительных границ результирующей НСП результата измерения Δ_c .

При определении границы результирующей НСП ее отдельные составляющие рассматривают как случайные величины. Если известно, что распределение составляющих соответствует нормальному закону, то Δ_c вычисляется при прямых измерениях по формуле:

$$\Delta_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2} \quad (20)$$

где Δ_{ci} - граница i -й НСП; m - количество суммируемых НСП.

При отсутствии данных о виде распределения составляющих НСП их распределения принимают за равномерные и Δ_c определяют из формулы:

$$\Delta_c = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{ci}^2} \quad (21)$$

где k - коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью P_d .

При $P_d = 0,95$ коэффициент $k = 1,1$. При $P_d = 0,99$ значение k зависит от количества суммируемых НСП. Если $m > 4$, то $k = 1,4$. Если же $m \leq 4$, то k определяют по графику зависимости $k=f(m, l)$, где $l = \Delta_{ci}' / \Delta_{ci}''$ (рисунок 1.1).

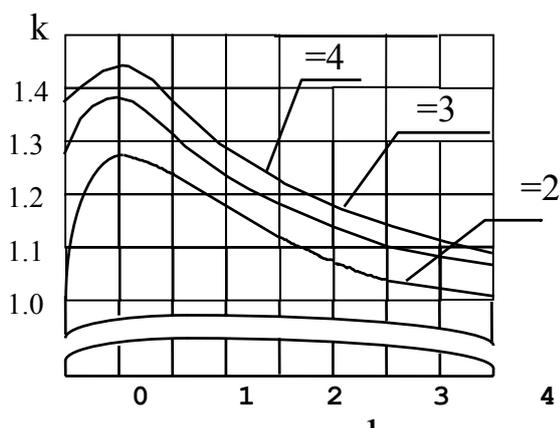


Рисунок 1.1

При трех или четырех слагаемых в качестве Δ'_{ci} принимают составляющую, по числовому значению наиболее отличающуюся от других, в качестве Δ''_{ci} следует принять ближайшую к Δ'_{ci} по числовому значению составляющую. Необходимо иметь в виду, что при $m \leq 4$ значение Δ_c , вычисленное по (21), может оказаться больше алгебраической суммы составляющих НСП

$$\Delta_c = \sum_{i=1}^m \Delta_{ci} \quad (22)$$

чего быть не может. Поэтому в качестве Δ_c при $m \leq 4$ принимается то из ее значений, рассчитанных по формулам (21) и (22), которое меньше.

При косвенных измерениях НСП, имеющие место при измерениях аргументов X_i , суть частные НСП результата косвенного измерения Δ_{cxi} , определяемые из формулы

$$\Delta_{cxi} = \frac{df}{dX_i} \Delta_{ci} \quad (23)$$

Они затем суммируются так же, как и при прямых измерениях, т.е. для определения Δ_c результата косвенного измерения в (20)...(22) необходимо подставить вместо Δ_{ci} значения Δ_{cxi} , вычисленные по формуле (23).

Доверительную вероятность для вычисления Δ_c принимают той же, что и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

1.3. Случайные погрешности измерений

Случайные погрешности, в отличие от систематических, проявляются случайным образом, то есть они по своему значению и знаку неопределенны. Поэтому их нельзя исключить из результатов измерений подобно систематическим. Наличие случайных погрешностей определяет такое понятие как достоверность измерений. Под достоверностью измерений понимают качественную характеристику измерений, отражающую близость к нулю случайных погрешностей. Следовательно, чтобы обеспечить достоверность измерений, необходимо оценить значения случайных погрешностей с некоторой вероятностью и благодаря этому учесть их влияние на оценку истинного значения измеряемой величины. Это можно сделать, используя теорию вероятностей и математическую статистику.

1.3.1. Оценка случайных погрешностей прямых измерений с многократными наблюдениями

Приемы оценки случайных погрешностей результатов прямых измерений с многократными наблюдениями различны для равноточных и неравноточных измерений. Обычно результаты наблюдений получаются одним оператором, в одинаковых условиях и с помощью одного и того же СИ. Такие измерения называют равноточными. Однако в ряде случаев возникает необходимость нахождения оценки измеряемой величины на основании результатов наблюдений, полученных разными операторами в различных условиях, с применением различных СИ (и даже различных методов измерений). Такие измерения называют неравноточными, т.к. результаты наблюдений будут иметь различную точность. При оценке случайных погрешностей и тех и других измерений будем полагать, что систематические погрешности тем или иным способом исключены из результатов наблюдений, т.е. они являются исправленными.

Равноточные измерения.

Приемы оценки случайных погрешностей прямых равноточных измерений стандартизированы и регламентируются ГОСТ 8.207-76 ГСИ.

За результат измерения принимается значение оценки математического ожидания \hat{m}_x , называемое чаще средним арифметическим результатов наблюдений и обозначаемое \bar{X} . Это значение определяется по формуле

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \hat{m}_x \quad (24)$$

Оценка (24) является состоятельной, несмещенной и эффективной оценкой истинного значения измеряемой величины. Состоятельной называют оценку, которая приближается (сходится по вероятности) к истинному значению оцениваемой величины при $n \rightarrow \infty$. Несмещенной является оценка, математическое ожидание которой равно истинному значению оцениваемой величины. Эффективной является несмещенная оценка, для которой $\hat{D}_x = \min$.

Случайная погрешность результата каждого наблюдения характеризуется значением среднего квадратического отклонения (СКО) σ_x , определяемого по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - m_x)^2}, \quad (25)$$

где D_x - дисперсия.

Так как при практических расчетах вместо m_x применяется его оценка \bar{X} , то мы можем определить лишь значения

$$V_i = X_i - \bar{X}, \quad (26)$$

где V_i - случайные отклонения результатов отдельных наблюдений.

Следовательно, и для расчета оценки СКО ($\hat{\sigma}_x$) вместо (25) должна применяться следующая формула:

$$\hat{\sigma}_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2} \quad (27)$$

С учетом (27) оценка СКО результата измерения ($\hat{\sigma}_{\bar{x}}$) будет определяться по формуле

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n v_i^2} \quad (28)$$

Значения \bar{X} и $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ называются точечными и всегда являются приближенными, так как получены на основании ограниченного числа наблюдений. Кроме того, они не содержат никаких сведений о вероятности этих оценок, хотя и позволяют оценить числовые значения результата измерения и его случайную погрешность. Поэтому теперь необходимо перейти от точечных оценок к так называемым интервальными, связанным с определением доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

Доверительные границы - это верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной доверительной вероятностью P_d находится погрешность результата измерения, а следовательно, и истинное значение измеряемой величины.

Для нахождения доверительных границ случайной погрешности необходимо умножить $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ на коэффициент t , зависящий в общем случае от доверительной вероятности P_d , числа наблюдений n и закона распределения случайных погрешностей, т.е. $\Delta = t \hat{\sigma}_{\bar{x}}$.

Для наиболее универсального нормального распределения плотности вероятности случайных погрешностей (распределения Гаусса, для $n < 30$ - распределения Стьюдента) значения t определены численным решением интеграла вероятности, табулированы в зависимости от P_d и n и приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Значения коэффициента t для распределения Стьюдента с $(n-1)$ степенями свободы

$n-1$	$P_d=0,95$	$P_d=0,99$	$n-1$	$P_d=0,95$	$P_d=0,99$
1	2	3	4	5	6
3	3,182	5,841	16	2,120	2,921
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819

Окончание таблицы 1.2

n-1	$P_d=0,95$	$P_d=0,99$	n-1	$P_d=0,95$	$P_d=0,99$
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
10	2,228	3,169	28	2,048	2,763
12	2,179	3,055	30	2,043	2,750
14	2,145	2,977	∞	1,960	2,576

По ГОСТ 8.207-76 ГСИ значение следует определять для $P_d \overset{\circ}{\Delta} = 0,95$. В тех случаях, когда измерение нельзя повторить, помимо границ, соответствующих $P_d=0,95$, допускается указывать границы для $P_d=0,99$. В особых случаях, например при измерениях, результаты которых имеют значение для здоровья людей, допускается вместо $P_d=0,99$ принимать более высокую доверительную вероятность.

При числе результатов наблюдений $n > 50$ для проверки принадлежности их к нормальному распределению предпочтительным являются критерии χ^2 Пирсона или ω^2 Мизеса-Смирнова. При $15 < n < 50$ предпочтительным является составной критерий, приведенный в ГОСТ 8.207-76 ГСИ. При $n \leq 15$ принадлежность их к нормальному распределению не проверяют.

При неизвестной функции распределения или невозможности проверки принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению рекомендуется значение $\overset{\circ}{\Delta} t$ для расчета $\overset{\circ}{\Delta}$ определять из нормального распределения. В этом случае надежность оценки повышается, так как при $P > 0,85$ значения t для нормального распределения максимальны по сравнению со значениями t для других распределений.

В заключение рассмотрим так называемый критерий грубых погрешностей. Оказывается, что при $n \geq 30$ и $P = 0,9973$ для $F_0(t)$ $t = 3$. Это значение t считают предельно возможным при определении по формуле (29), так как вероятность появления большего значения очень мала (0,0027). Поэтому критерий "трех сигм" принят в качестве критерия грубых погрешностей. Если

$$|V_i| > 3\hat{\sigma}_x, \quad (30)$$

то такое наблюдение содержит грубую погрешность и должно быть исключено из ряда при обработке результатов наблюдений. Существуют и другие критерии, но этот наиболее широко применяется в метрологической практике из-за своей простоты и надежности.

Неравноточные измерения

Допустим, что имеется m групп независимых наблюдений одной и той же величины Q . По наблюдениям каждой группы вычислены средние арифметические $\bar{X}_1, \bar{X}_2 \dots \bar{X}_m$ и оценки СКО $\hat{\sigma}_{\bar{X}_1}, \hat{\sigma}_{\bar{X}_2} \dots \hat{\sigma}_{\bar{X}_m}$. За результат измерения в этом случае принимается оценка измеряемой величины по данным всех групп наблюдений. Она называется средним взвешенным и вычисляется по формуле

$$\bar{\bar{X}} = \sum_{j=1}^m a_j \cdot \bar{X}_j, \quad (31)$$

где коэффициенты a_j отражают степень нашего доверия к оценкам \bar{X}_j и называются весовыми коэффициентами. Так как систематические погрешности отсутствуют, то $m_{\bar{X}_j} = m_{\bar{X}} = Q$ и из (31) следует

$$\sum_{j=1}^m a_j = 1. \quad (32)$$

В метрологической практике принято считать значения весовых коэффициентов обратно пропорциональными дисперсиями групп наблюдений, т.е.

$$a_1 : a_2 : \dots : a_j : \dots : a_m = \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_1}^2} : \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_2}^2} : \dots : \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_j}^2} : \dots : \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_m}^2}.$$

Таким образом, с учетом (32)

$$a_j = \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_j}^2} / \sum_{j=1}^m \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_j}^2} \quad (33)$$

Случайную погрешность результата измерения оценим, как и в случае равнозначных измерений, значением СКО

$$\hat{\sigma}_{\bar{\bar{X}}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_j}^2}}} \quad (34)$$

Доверительные границы случайной погрешности результата неравнозначных измерений рассчитываются по формуле (29) с учетом данных табл. 2, но при этом предварительно определяется число степеней свободы распределения Стьюдента по формуле

$$(n-1) = \frac{m^2}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j - 1}}, \quad (35)$$

где n_j - число наблюдений в j -й группе.

1.3.2. Оценка случайных погрешностей косвенных измерений

Так как результаты прямых измерений аргументов содержат погрешности, то и результат косвенного измерения также будет содержать погрешность. Поэтому, как и в случае прямых измерений, необходимо оценить истинное значение измеряемой величины Q и доверительные границы погрешности результата косвенного измерения.

За результат косвенного измерения принимается величина \bar{Q} . Она вычисляется при подстановке в формулу (2) средних арифметических значений аргументов, полученных с помощью формулы (24)

$$\bar{Q} = f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m). \quad (36)$$

Свойства оценок \bar{Q} и \bar{X} аналогичны.

Оценка СКО результата косвенного измерения $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$ определяется по формуле

$$\hat{\sigma}_{\bar{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (df / dX_i)^2 \hat{\sigma}_{\bar{X}_i}^2 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^m df / dX_i df / dX_j \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} \hat{\sigma}_{\bar{X}_j} \hat{R}_{ij}}, \quad (37)$$

где df / dX_i и df / dX_j - частные производные, вычисляемые при $X_i = \bar{X}_i$ и $X_j = \bar{X}_j$; \hat{R}_{ij} - оценка коэффициента корреляции между погрешностями измерения величин X_i и X_j . Величина

$$\frac{df}{dX_i} \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} = \hat{E}_{\bar{X}_i} \quad (38)$$

называется частной погрешностью косвенного измерения. Значение производной df / dX_i при $X_i = \bar{X}_i$ характеризует "вес" этой погрешности в оценке $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$, т.е. является весовым коэффициентом (иногда он называется также коэффициентом влияния).

Коэффициент корреляции определяет, как известно, степень статистической связи между случайными величинами, в нашем случае между случайными погрешностями измерения величин X_i и X_j . Его возможные значения лежат в интервале

$$-1 \leq \hat{R}_{ij} \leq +1 \quad (39)$$

Как видно из (39) в процессе обработки результатов наблюдений при косвенных измерениях могут встретиться два частных случая.

1. $\hat{R}_{ij} = 0$ - случай независимых частных погрешностей. Он имеет место на практике, когда величины X_i и X_j измеряют с помощью различных СИ в разное время, разными операторами и т.п. В этом случае формула (37) упрощается и с учетом (38) принимает вид

$$\hat{\sigma}_{\bar{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \hat{E}_{\bar{X}_i}^2} \quad (40)$$

2. $\hat{R}_{ij} \neq 0$ - случай зависимых частных погрешностей. Он имеет место, когда X_i и X_j измеряют с помощью однотипных СИ, одним оператором, при одно-

временном изменении влияющих величин и т.п. $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$ определяется из общей формулы (37), но предварительно определяется оценка \hat{R}_{ij} по формуле

$$\hat{R}_{ij} = \frac{1}{(n-1)\hat{\sigma}_{x_i}\hat{\sigma}_{x_j}} \sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j), \quad (41)$$

где n - наименьшее из чисел наблюдений X_{ik} и X_{jk} .

Если $\hat{R}_{ij} > 0$ (положительная корреляция), то одна из погрешностей возрастает при увеличении другой, если же $\hat{R}_{ij} < 0$ (отрицательная корреляция) - тенденция будет обратной. Это наглядно видно из графиков рисунка 1.2, а, б, которые могут быть использованы для экспериментального определения наличия и характера корреляции (график рисунка 1.2, в свидетельствует об отсутствии корреляции).

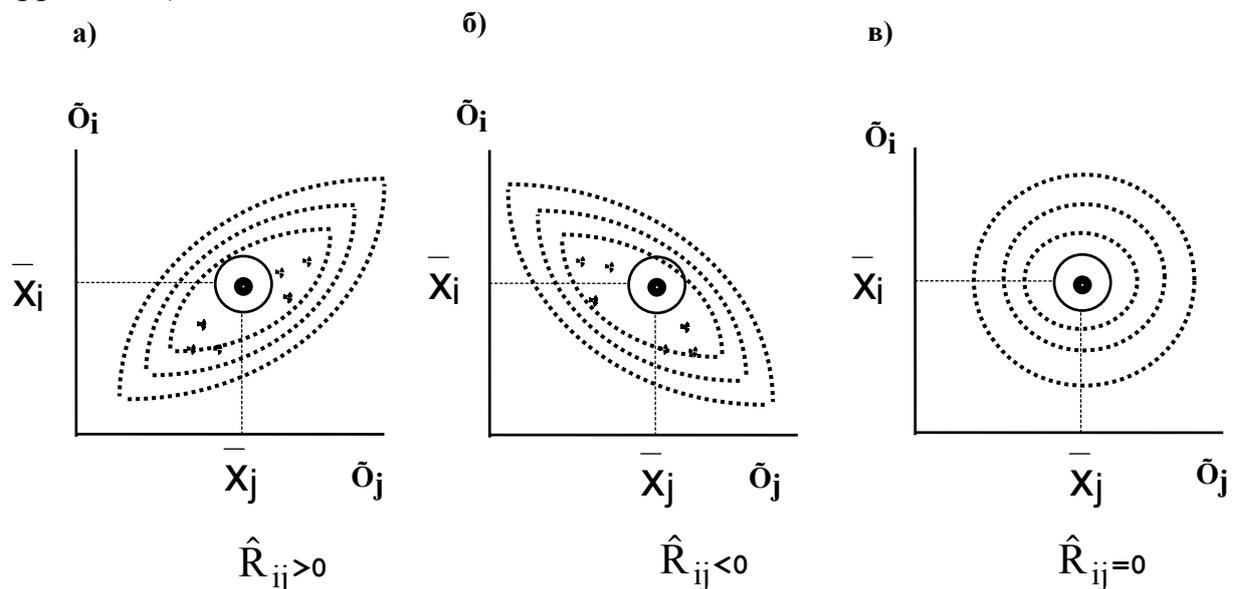


Рисунок 1.2

Так как определить \hat{R}_{ij} достаточно трудно, то при практических расчетах $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$ по формуле (37) рекомендуется выделять группы частных погрешностей сильно коррелированных между собой. Для погрешностей внутри таких групп можно принять $\hat{R}_{ij} = \pm 1$ и алгебраически их сложить. Полученные таким образом суммарные погрешности групп можно считать практически некоррелированными между собой и $\hat{\sigma}_{\bar{Q}}$ может определяться по формуле (40).

Доверительные границы случайной погрешности результата косвенного измерения определяются по формуле, аналогичной прямым измерениям

$$\Delta = t \hat{\sigma}_{\bar{Q}}. \quad (42)$$

Коэффициент Стьюдента t выбирается следующим образом. Если $n \geq 30$, значение t прямо определяется из таблицы 2, как и при прямых измерениях. Если же

$n < 30$, то предварительно нужно определить так называемое "эффективное" число степеней свободы распределения Стьюдента, учитываемое затем при использовании таблицы 2.

$$n_{\text{эфф}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^m \hat{E}_{\bar{X}_i} \hat{\sigma}_{\bar{X}_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{n_i - 1} \hat{E}_{\bar{X}_i}^2 \hat{\sigma}_{\bar{X}_i}^2} - 1, \quad (43)$$

где n_i - число наблюдений при прямых измерениях X_i .

Эффективное число степеней свободы обычно получается дробным, поэтому для нахождения коэффициента Стьюдента проводится линейная интерполяция

$$t = \frac{t_2 - t_1}{n_2 - n_1} n_{\text{эфф}} + \frac{t_1 n_2 - t_2 n_1}{n_2 - n_1}, \quad (44)$$

где t_1, t_2 и n_1, n_2 - соответствующие табличные значения соответственно коэффициента Стьюдента t и числа наблюдений n (для заданной P_d), между которыми находится значение $n_{\text{эфф}}$.

В заключение рассмотрим так называемый критерий ничтожных погрешностей.

С учетом весовых коэффициентов частные погрешности по-разному влияют на величину суммарной погрешности косвенного измерения. Некоторые из них могут быть значительно меньше других и так как согласно ГОСТ 8.207-76 ГСИ значение всегда должно округляться до двух значащих цифр, они не будут оказывать заметного влияния на . Такие частные погрешности называются ничтожно малыми или ничтожными. Таким образом, с учетом правила округления частная погрешность считается ничтожной, если она изменяет суммарную погрешность не более чем на 5 %.

Если в равенстве (40) k -я частная погрешность ничтожная, то

$$1,05 \hat{\sigma}_{\bar{Q}} > \sqrt{\sum_{i=1}^m \hat{E}_{\bar{X}_i}^2 + \hat{E}_k^2}, \quad (45)$$

Возведя обе части неравенства (45) в квадрат с учетом (40), получим

$$1,1025 \hat{\sigma}_{\bar{Q}}^2 > \left(\hat{\sigma}_{\bar{Q}}^2 + \hat{E}_k^2 \right),$$

откуда следует, что

$$\hat{E}_k < 1/3 \hat{\sigma}_{\bar{Q}}. \quad (46)$$

Это неравенство в метрологии называется критерием ничтожных погрешностей.

Использование критерия ничтожных погрешностей при оценке погрешностей косвенных измерений позволяет найти те величины (аргументы), повыше-

ние точности измерения которых позволит уменьшить суммарную погрешность результата измерения, и наоборот, повышать точность измерения каких величин не имеет смысла.

1.4. Обработка результатов многократных наблюдений

Рассмотренные основные положения теории погрешностей и расчетные формулы позволяют составить следующий алгоритм обработки результатов многократных наблюдений при равноточных прямых и косвенных измерениях.

1. Производится обнаружение, оценка и исключение систематических погрешностей из результатов наблюдений (т.е. производится исправление результатов наблюдений). Неисключенные систематические погрешности должны быть просуммированы между собой (раздел 1.2.3.) для получения доверительных границ неисключенной систематической погрешности Δ_c .

2. Проверяется принадлежность исправленных результатов к нормальному распределению или оно таковым принимается (раздел 1.3.1.).

3. При прямых измерениях по формуле (24) рассчитывается значение \bar{X} , а при косвенных измерениях - значения \bar{X}_i и \bar{X}_j .

4. По формуле (26) вычисляются случайные отклонения V_i и с помощью соотношения

$$\sum_{i=1}^n V_i = 0$$

проверяется правильность расчетов \bar{X} , \bar{X}_i , \bar{X}_j и V_i .

5. По формуле (27) вычисляются оценки СКО результатов наблюдений $\hat{\sigma}_x$, $\hat{\sigma}_{x_i}$, $\hat{\sigma}_{x_j}$.

6. С помощью критерия (30) или другого проверяется наличие грубых погрешностей. Наблюдения, содержащие грубую погрешность, исключаются из ряда, и вычисления по пп. 3-5 повторяются.

7. По формуле (28) вычисляются оценки $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$, $\hat{\sigma}_{\bar{x}_i}$, $\hat{\sigma}_{\bar{x}_j}$.

8. Для косвенных измерений по формуле (36) рассчитывается Q и по формуле (37) оценка $\hat{\sigma}_Q$.

9. По заданной доверительной вероятности P_d и числу наблюдений n определяется коэффициент Стьюдента t.

10. По формуле (29) для прямых измерений или по формуле (42) для косвенных рассчитываются доверительные границы случайной погрешности результата измерения.

11. Определяются доверительные границы погрешности результата измерения Δ . В случае прямых измерений вычисляют отношение $\Delta_c / \hat{\sigma}_{\bar{x}}$. Если оно меньше 0,8, то значением Δ_c пренебрегают по сравнению с $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ и принимают, что $\Delta = \hat{\sigma}_{\bar{x}}$. Если отношение больше 8, то пренебрегают значением $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ и принимают

мают $\Delta = \Delta_c$. Если же эти неравенства не выполняются ($0,8 \leq \Delta / \hat{\sigma}_{\bar{x}} \leq 8$), то Δ определяется по формуле

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma},$$

где K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности, определяемый по формуле

$$K = \frac{\Delta + \Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}} + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \Delta_{c_i}^2}}; \quad (47)$$

S_{Σ} - оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения, определяемая по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_{c_i}^2}{3} + \hat{\sigma}_{\bar{x}}^2}. \quad (48)$$

Таким образом, с учетом (47) и (48)

$$\Delta = \frac{\Delta + \Delta_c}{\hat{\sigma}_{\bar{x}} + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \Delta_{c_i}^2}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_{c_i}^2}{3} + \hat{\sigma}_{\bar{x}}^2}. \quad (49)$$

На практике пользуются упрощенной формулой вида:

$$\Delta = \sqrt{\Delta^2 + \Delta_c^2}. \quad (50)$$

Доказано, что погрешность определения Δ по формуле (50) по сравнению с общей (49) не превышает 10% и она может считаться универсальной для всех видов измерений.

12. Записывается окончательный результат по одной из стандартных форм, приведенных в МИ 1317-86 ГСИ.

1.5. Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями

Как уже неоднократно подчеркивалось, число наблюдений при практическом проведении измерений всегда ограничено и чем сложнее эксперимент и выше его стоимость, тем оно меньше. В практике электрорадиоизмерений зачастую приходится ограничиваться измерениями с однократными наблюдениями (однократные измерения). Характерным примером однократных измерений являются технические измерения, выполняемые с помощью рабочих СИ и не связанные с передачей единиц физических величин.

Для однократных измерений не нужна статистическая обработка результатов наблюдений и это значительно упрощает оценку погрешностей. Более того, при технических измерениях должна быть заранее установлена процедура, соблюдение которой обеспечивает получение результата измерения с погрешно-

стью, не превышающей допускаемую. Ожидаемую погрешность результата измерения оценивают перед измерением (априорная оценка), используя предварительные данные об измеряемой величине, применяемых методе измерения и СИ, а также об условиях проведения измерения. Именно эта априорная информация делает возможным проведение однократных измерений и обеспечивает их сходимость (близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях) и воспроизводимость (близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях).

Для априорной оценки ожидаемой погрешности результата однократного измерения рекомендуется следующий алгоритм:

1. Проводится анализ составляющих погрешности результата измерения по источникам возникновения (раздел 1.1.3). Методические погрешности оцениваются либо на основании изучения теоретических зависимостей, описывающих исследуемый объект и метод измерений, либо экспериментальным путем при измерении одной и той же величины разными методами. Для оценки инструментальных и внешних погрешностей используют данные об основных и дополнительных погрешностях применяемых СИ. Наконец, субъективные погрешности оцениваются, как правило, экспериментальным путем. При этом оценка систематических погрешностей дается их границами (пределами), а случайных - значениями СКО.

2. Проводится исключение систематических погрешностей с помощью рекомендаций, сделанных в разделе 1.2.2, а неисключенные погрешности суммируются для определения Δ_c . Суммирование выполняется по правилам, описанным в разделе 1.2.3.

3. Оценивается СКО результата измерения (предполагается, что выявленные случайные погрешности являются независимыми). Поэтому для оценки $\hat{\sigma}_Q$ используется формула (40), а для оценки $\hat{\sigma}_X$ - аналогичная ей.

4. С помощью коэффициента Стьюдента находятся доверительные границы случайной погрешности Δ . Для однократных измерений приняты следующие значения t : при $P_d = 0,95$ $t = 2$, а при $P_d = 0,99$ $t = 2,6$.

5. Проводится оценка доверительных границ ожидаемой погрешности результата измерения. Для прямых однократных измерений рекомендуется вычислять отношение $\Delta_c / \hat{\sigma}_X$ (по аналогии с многократными наблюдениями). Если оно меньше 0,5, можно принять $\Delta = \hat{\Delta}$, а при $\Delta_c / \hat{\sigma}_X > 8$ по-прежнему $\Delta = \Delta_c$. Внутри этого интервала значение Δ можно вычислить по формуле

$$\Delta = 0,8 (\Delta_c + \hat{\Delta}), \quad (51)$$

где коэффициент 0,8 учитывает малую вероятность того, что Δ_c и $\hat{\Delta}$ одновременно будут иметь свои граничные значения. В случае косвенных измерений правильнее пользоваться универсальной формулой (60).

Если полученное значение Δ оказалось больше допускаемой погрешности $\Delta_{\text{д}}$, необходимо либо обратиться к другому методу измерений, либо заменить СИ (или уточнить их метрологические характеристики), либо, наконец, изменить определенным образом условия проведения измерения. Если же $\Delta < \Delta_{\text{д}}$, установленная процедура обеспечивает получение результата измерения с требуемой точностью.

1.6. Характеристики погрешности и формы представления результатов измерений.

Методические указания МИ1317-86 ГСИ устанавливают следующие группы характеристик погрешностей измерений:

задаваемые в качестве требуемых или допускаемых - нормы характеристик погрешностей измерений (нормы погрешностей измерений) $\Delta_{\text{р}}$;

приписываемые совокупности измерений, выполняемых по определенной (стандартизированной или аттестованной) методике - приписанные характеристики погрешности измерений (приписанные погрешности измерений) $\Delta_{\text{м}}$;

отражающие близость отдельного, экспериментально уже полученного результата измерения к истинному значению измеряемой величины - статистические оценки характеристик погрешности измерений (статистические оценки погрешности измерений) $\tilde{\Delta}$.

При массовых технических измерениях (подготовка производства, разработка, испытания, производство, контроль, эксплуатация продукции, товарооборот и др.) в основном применяются нормы и приписанные погрешности измерений $\Delta_{\text{р}}$ и $\Delta_{\text{м}}$.

При измерениях, выполняемых при проведении научных исследований и метрологических работ (определение физических констант, аттестации СИ и т.п.) часто применяют статистические оценки погрешности измерений $\tilde{\Delta}$, которые представляют собой статистические (выборочные) характеристики случайной величины - погрешности измерений.

В качестве характеристик погрешностей, которые являются показателями точности измерений, установлены :

среднее квадратическое отклонение погрешности измерения $\sigma(\Delta)$;

границы: нижняя $\Delta_{\text{н}}$ и верхняя $\Delta_{\text{в}}$, в пределах которых погрешность измерений Δ находится с заданной вероятностью P ;

характеристики случайной и систематической составляющих погрешности измерений, в качестве которых используется :

для случайной составляющей - СКО $\sigma(\tilde{\Delta})$ и (при необходимости) нормированная автокорреляционная функция $r(\tau)$ или характеристики этой функции;

для систематической составляющей - СКО $\sigma(\Delta_{\text{с}})$ или границы $\Delta_{\text{сн}}$ и $\Delta_{\text{св}}$, в которых неисключенная систематическая составляющая погрешности измерений находится с заданной вероятностью P .

В качестве статистических (выборочных) оценок погрешности измерений используются результаты экспериментального или расчетно- экспериментального оценивания характеристик, перечисленных выше

$$(\tilde{\sigma}(\Delta), \tilde{\Delta}_H \text{ и } \tilde{\Delta}_B; \tilde{\sigma}(\Delta), \tilde{\gamma}_o(\tau), \tilde{\sigma}(\Delta_C); \tilde{\Delta}_{CH} \text{ и } \tilde{\Delta}_{CB}, P).$$

В качестве функции плотности распределения вероятности погрешности измерений или ее составляющих следует принимать нормальный закон распределения. Если это условие не выполняется (реальная функция распределения не соответствует нормальной), необходимо использовать аппроксимацию функции распределения. В этом случае $\sigma(\Delta)$ и $\sigma(\Delta_C)$ сопровождаются (при необходимости) указанием принятой аппроксимации функции распределения или ее качественным описанием. Стандартные аппроксимации функций распределения $f^{\text{ст}}$, наиболее часто используемые в метрологической практике, приведены в таблице 1.3.

В случаях, когда результаты измерений используются совместно с другими результатами измерений, а также при расчетах погрешностей величин, функционально связанных с результатами изменений (например, результатов косвенных измерений и др.), применяются, в основном, точечные характеристики и оценки, когда же результаты измерений являются окончательными - применяются интервальные характеристики.

Характеристики погрешностей измерений представляются с указанием совокупности условий, для которых они действительны (диапазон значений измеряемой величины, диапазон скоростей ее изменения, частотные спектры, диапазоны значений влияющих величин и др.), совместно с результатом измерений, к которому они относятся.

Конкретный выбор характеристик погрешностей измерений и формы представления их результатов определяется назначением измерений и характером использования их результатов. В качестве примеров форм представления результатов измерений без указания условий их проведения можно привести следующие:

Если точность измерений выражается доверительным интервалом, внутри которого с известной вероятностью находится истинное значение измеряемой величины, то используется следующая форма представления результата измерения:

$$A; \Delta \text{ от } \Delta_H \text{ до } \Delta_B; P,$$

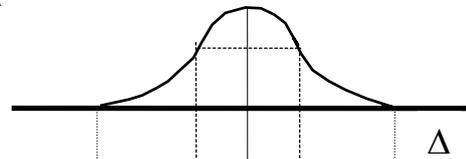
Таблица 1.3 – Стандартные аппроксимации функций распределения

Наименование функции

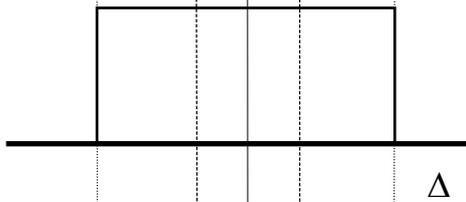
График функции

Нормальная
(усеченная)

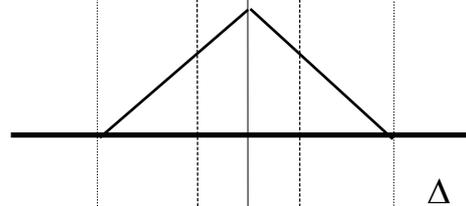
$f_{\Delta}^{c\Box}$



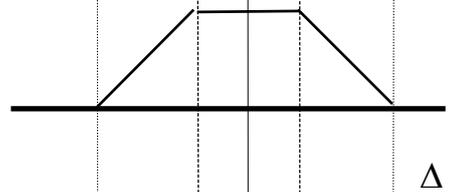
Равномерная



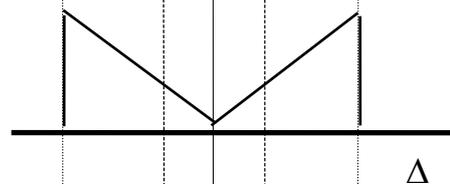
Треугольная
(Симпсона)



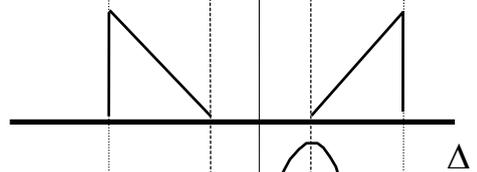
Трапецивидная



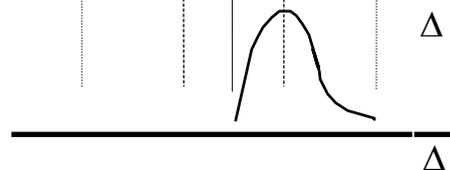
Антимодальная I



Антимодальная II



Релея
(усеченная)



где A - результат измерения, значение которого определяется видом измерений.

При одинаковых числовых значениях (без учета знаков) Δ_n и Δ_b результат измерения записывается в виде

$$A \pm \Delta; P.$$

Если числовые значения Δ_n и Δ_b неодинаковы, то они должны указываться каждая отдельно со своим знаком.

Если систематическая составляющая погрешности результата измерения значительно больше случайной, то может быть использована следующая форма представления результатов измерений:

$$A; \Delta_c \text{ от } \Delta_{сн} \text{ до } \Delta_{св}; \sigma(\overset{\circ}{\Delta}); f_{\overset{\circ}{\Delta}}^{ст}$$

В случаях, когда значительны и систематическая и случайная составляющие погрешности результатов измерения, результат измерения представляется в форме

$$A; \sigma(\Delta_c); f_{\overset{\circ}{\Delta}}^{ст}; \tilde{\sigma}(\overset{\circ}{\Delta}); f_{\overset{\circ}{\Delta}}^{ст}$$

При сложных измерениях, когда реальные функции распределения нельзя аппроксимировать стандартными, эти функции используются в качестве характеристик погрешностей измерений и их результат записывается в форме

$$A; f_{\Delta_c}; f_{\overset{\circ}{\Delta}}$$

где f_{Δ_c} и $f_{\overset{\circ}{\Delta}}$ - реальные функции распределения Δ_c и $\overset{\circ}{\Delta}$, которые могут описываться таблицами, графиками и формулами.

Совместно с результатом измерений, при необходимости, приводятся дополнительные данные и условия измерений (для результатов измерений изменяющейся во времени величины указываются моменты времени, соответствующие каждому из представленных результатов измерений; для результатов измерений с многократными наблюдениями указывается число наблюдений и интервал времени, в течение которого они проведены, и т.п.).

При выражении результатов измерений в числовой форме должны выполняться обязательно следующие правила округления результатов:

характеристики погрешности и их статистические оценки выражаются числом, содержащим не более двух значащих цифр; допускается выражать их числом, содержащим одну значащую цифру, если старший значащий разряд равен трем и более;

числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются;

если первая из отбрасываемых (или заменяемых нулями) цифр меньше пяти, то последняя остающаяся цифра не изменяется; если же первая из отбрасываемых

мых цифр равна или больше пяти, то последняя остающаяся цифра увеличивается на единицу.

1.7. Метрологическое обеспечение измерений

1.7.1. Основные положения метрологического обеспечения.

Метрологическое обеспечение (МО) - это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Таким образом, МО имеет научную, техническую и организационную основы.

Научной основой МО является метрология.

Технической основой МО являются следующие системы:

государственных эталонов единиц физических величин, обеспечивающая воспроизведение единиц с наивысшей точностью;

передачи размеров единиц физических величин от эталонов всем СИ; разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих СИ, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов;

обязательных государственных испытаний СИ, предназначенных для серийного или массового производства;

обязательной государственной и ведомственной поверки или метрологической аттестации СИ, обеспечивающая единообразие СИ при их изготовлении, эксплуатации и ремонте;

стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, обеспечивающая достоверными данными научные исследования, разработку конструкции изделий и технологических процессов их изготовления и т.д.;

разработки, стандартизации и аттестации методик выполнения измерений.

Существующая система МО измерений опирается на комплекс стандартов ГСИ. Основными объектами стандартизации ГСИ являются термины и определения в области метрологии, единицы физических величин, нормы точности измерений и формы представления результатов измерений, номенклатура нормируемых метрологических характеристик СИ, методики выполнения измерений, государственные эталоны и поверочные схемы, а также методы и средства поверки СИ, организация и порядок проведения государственных испытаний, поверки и метрологической аттестации СИ и т.д.

Организационной основой МО является метрологическая служба Республики Беларусь.

1.7.2. Метрологическая служба РБ и ее основные задачи

Метрологическая служба РБ включает в себя органы государственной и ведомственных метрологических служб. Государственную метрологическую службу возглавляет Государственный комитет по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт), в которую также входят центры стандартизации и метрологии (их в республике 16) и лаборатории государственного надзора за стандартами и СИ.

Ведомственную МС образуют отделы министерств (ведомств), на которые возлагается руководство МС, головная и базовые организации МС, а также отделы главных метрологов (или другие подразделения), которые организуют работы по МО непосредственно на предприятиях и в организациях.

К основным задачам государственных и ведомственных МС в части МО измерений относятся: осуществление метрологического надзора за СИ, создание комплекса стандартов ГСИ и контроль за выполнением их требований.

Метрологический надзор за СИ - это деятельность органов МС, направленная на обеспечение единообразия СИ. Метрологический надзор, осуществляемый органами Государственной МС, называют государственным, а органами ведомственных МС - ведомственным контролем. Основными формами метрологического надзора за СИ, находящимися в обращении, являются поверка, метрологическая ревизия и метрологическая экспертиза СИ.

Поверкой СИ называется определение метрологическим органом погрешностей СИ и установление его пригодности к применению. Поверка СИ, производимая органами Государственной МС, называется государственной, а органами ведомственных МС - ведомственной. Обязательной государственной поверке подлежат образцовые СИ и рабочие СИ, связанные с учетом материальных ценностей, взаимными расчетами и торговлей, охраной труда и здоровья населения, а также охраной окружающей среды. Остальные рабочие СИ поверяются в органах ведомственных МС. В зависимости от целевого назначения поверка может быть первичной, периодической, внеочередной и инспекционной. Первичная поверка - это первая поверка СИ при выпуске его из производства или ремонта. Периодическая поверка проводится при эксплуатации и хранении СИ через определенные промежутки времени - межповерочные интервалы, устанавливаемые с расчетом обеспечения исправности СИ в период между поверками. Внеочередная поверка также проводится при эксплуатации и хранении СИ, но независимо от сроков периодической поверки. Чаще всего к ней прибегают, когда необходимо удостовериться в исправности СИ, при корректировке межповерочных интервалов, при контроле результатов периодической поверки и в других случаях. Наконец, инспекционная поверка - это поверка СИ, производимая при ревизии СИ.

Помимо целевого назначения, поверка подразделяется в зависимости от метода проведения на комплектную и поэлементную, характерные для электро- и радиоизмерительных приборов. При комплектной поверке определяют погрешности СИ, свойственные ему как единому целому, а при поэлементной поверке - по погрешностям его отдельных частей (функциональных узлов).

Метрологическая ревизия проводится органами Государственной МС для определения соответствия СИ и применяемых методов выполнения измерений современному уровню МО. Кроме того, при метрологической ревизии проверяется готовность СИ к выполнению измерений с заданной точностью, для чего определенная часть СИ подвергается выборочной поверке.

Последняя форма метрологического надзора - метрологическая экспертиза проводится для экспертной оценки состояния СИ и правильности их применения и поверки.

Рассмотренные формы метрологического надзора характерны, как было подчеркнуто, для СИ, находящихся в обращении. Если же речь идет о вновь разрабатываемых СИ, то каждая разработка должна сопровождаться исследованием СИ в соответствующих метрологических органах для объективной оценки его метрологических свойств. Такое исследование вместе с документальным оформлением результатов называется метрологической аттестацией СИ. В отличие от поверки, которой подлежит каждый экземпляр СИ, метрологической аттестации подлежит либо тип СИ, либо отдельные экземпляры СИ. Первый случай относится к СИ, предназначенным для серийного или массового производства. Результаты метрологической аттестации в этом случае подлежат рассмотрению и оцениванию при государственных приемочных испытаниях СИ, организация и порядок проведения которых регламентируются СТБ 8.001-93. Второй случай касается так называемых нестандартизированных СИ, изготавливаемых в единичных экземплярах и являющихся уникальными. Порядок метрологической аттестации в этом случае устанавливается СТБ 8.004-93.

Метрологический надзор и аттестация СИ, обеспечивая единообразие СИ при их разработке, изготовлении и эксплуатации, не решают, естественно, задачу обеспечения единства измерений в целом и являются лишь одной из составляющих технической основы МО. Действительно, если контролировать только погрешности СИ, а выбор самого метода измерения, последовательности приемов выполнения измерений и обработки их результатов, обеспечение необходимых внешних условий - и т.п. оставить на усмотрение оператора, то тогда результаты измерений будут в значительной степени зависеть от квалификации оператора. Следствием этого может оказаться несоответствие результатов измерений поставленным требованиям, либо наоборот, результатам измерений будет приписываться завышенная точность. Ликвидировать такой принципиальный недостаток можно только путем стандартизации и аттестации методик выполнения измерений (МВИ), понимая под МВИ совокупность методов, средств, процедуры и условий подготовки проведения измерений, а также правил обработки результатов наблюдений, необходимых для выполнения данного измерения. Стандартизация и аттестация МВИ является в настоящее время одной из основных задач государственной и ведомственных МС в рамках МО измерений. Параллельно с этим организуется метрологический надзор за МВИ.

1.7.3. Понятие об эталонах единиц физических величин

Эталоны единиц физических величин имеют специальную классификацию в зависимости от метрологического назначения. Она установлена ГОСТ 8.057-80 ГСИ и предполагает оснащение МС первичными, специальными и вторичными эталонами.

Первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы с наивысшей в стране точностью. Специальный эталон отличается от первичного тем, что слу-

жит для воспроизведения единицы в условиях, в которых первичный эталон не может использоваться и прямая передача размера единицы от первичного эталона с требуемой точностью технически неосуществима (например, на высоких и сверхвысоких частотах, в крайних участках диапазонов измерений и т.д.). Первичные и специальные эталоны являются исходными для страны и их утверждают в качестве государственных эталонов. Каждый эталон характеризуется неисключенной систематической погрешностью воспроизведения соответствующей единицы и относительным СКО результата измерения размера этой единицы. Первая величина показывает точность эталона по отношению к принятому определению единицы и важна как для обеспечения правильности измерений, так и для их единства в международном масштабе. Вторая характеризует воспроизводимость эталоном размера единицы и является важнейшей характеристикой обеспечения единства измерений в стране.

Эталоны служат материально-технической базой обеспечения единства измерений в стране. Государственными эталонами в СССР были охвачены все основные и большинство производных единиц СИ, а также некоторые дополнительные и внесистемные единицы. Парк эталонов постоянно пополнялся и совершенствовался. Все они остались в Российской Федерации. В настоящее время в ней находятся более 140 государственных первичных и специальных эталонов. Но, в соответствии с Соглашением о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации, подписанном 13.03.92г. представителями всех бывших республик СССР, МС республики может пользоваться парком эталонов РФ, которые имеют статус межгосударственных эталонов СНГ.

Для обеспечения сохранности государственных эталонов создаются и утверждаются вторичные эталоны, значения которых устанавливаются по первичным эталонам.

Вторичные эталоны, в свою очередь, подразделяются на эталоны-копии, эталоны сравнения и рабочие эталоны. Эталон-копия предназначен для передачи размера единицы рабочим эталонам. Благодаря этому первичный эталон разгружается от текущих работ по передаче размера единицы и повышается срок его службы. Эталон сравнения применяется для взаимного сличения эталонов, которые по тем или иным причинам нельзя сравнивать друг с другом (например, международные сличения эталонов). Наиболее распространенной категорией вторичных эталонов являются рабочие эталоны, предназначенные для проверки образцовых и наиболее точных рабочих СИ.

Одновременно с разработкой и утверждением государственных эталонов разрабатываются и утверждаются соответствующие им государственные стандарты. В нашей республике головной эталонной базой по всем видам измерений является Государственное предприятие “Центр эталонов, стандартизации и метрологии” (ГП ЦЭСМ).

1.7.4. Передача размера единиц физических величин

Прямая передача размеров единиц физических величин от эталонов рабочим СИ затруднена, учитывая огромный парк находящихся в обращении СИ. Необходима промежуточная категория СИ, предназначенных для осуществления на практике этой передачи, - образцовые СИ. В частности, предусматривается создание образцовых СИ одной и той же физической величины нескольких уровней точности - разрядов. При этом образцовые СИ I-го разряда считаются исходными и подлежат поверке непосредственно по рабочим эталонам. Образцовые СИ 2-го, 3-го и последующих разрядов являются подчиненными и подлежат поверке по образцовым СИ 1-го, 2-го и последующих разрядов соответственно. Наконец, образцовые СИ могут объединяться в измерительные установки, позволяющие быстро выполнять все операции поверки - поверочные установки.

Для упорядочения и наглядного представления соподчиненности эталонов, образцовых и рабочих СИ предназначены поверочные схемы - документы, устанавливающие системы передачи размера единиц физической величины от государственного эталона рабочим СИ. В зависимости от области распространения поверочные схемы подразделяются на государственные, ведомственные и локальные (т.е. применяемые в данном органе МС). Содержание и правила построения поверочных схем регламентируются ГОСТ 8.061-80. Любая схема должна включать не менее двух ступеней передачи размера единицы. Чем больше ступеней, тем увереннее можно судить о погрешностях рабочих СИ, но тем сложнее и дороже становится сама поверочная деятельность. Поэтому структура поверочных схем (виды вторичных эталонов, число разрядов образцовых СИ, соотношение погрешностей поверяемого и образцового СИ и др.) обязательно оптимизируется. Государственные поверочные схемы должны состоять из чертежа схемы и текстовой части, содержащей пояснения к чертежу. Ведомственные и локальные поверочные схемы оформляются в виде чертежа. На чертеже указываются наименования СИ и метод поверки, номинальные значения или диапазоны значений физических величин, допускаемые значения погрешностей СИ и допускаемые значения погрешностей методов поверки. В целях унификации выбираемый метод поверки должен соответствовать одному из следующих методов: непосредственное сличение (т.е. без средств сравнения), сличение при помощи компаратора или других средств сравнения, метод прямых или косвенных измерений. Чертеж поверочной схемы состоит из полей, расположенных друг под другом и имеющих наименования "Эталон", "Образцовые СИ" и "Рабочие СИ". Упрощенный пример чертежа приведен на рисунке 1.3.

Государственная поверочная схема разрабатывается одновременно с соответствующим первичным (специальным) эталоном и оформляется первичным стандартом ГСИ. Рассмотрим в качестве характерного примера государственную поверочную схему для СИ времени и частоты по ГОСТ 8.129-83.

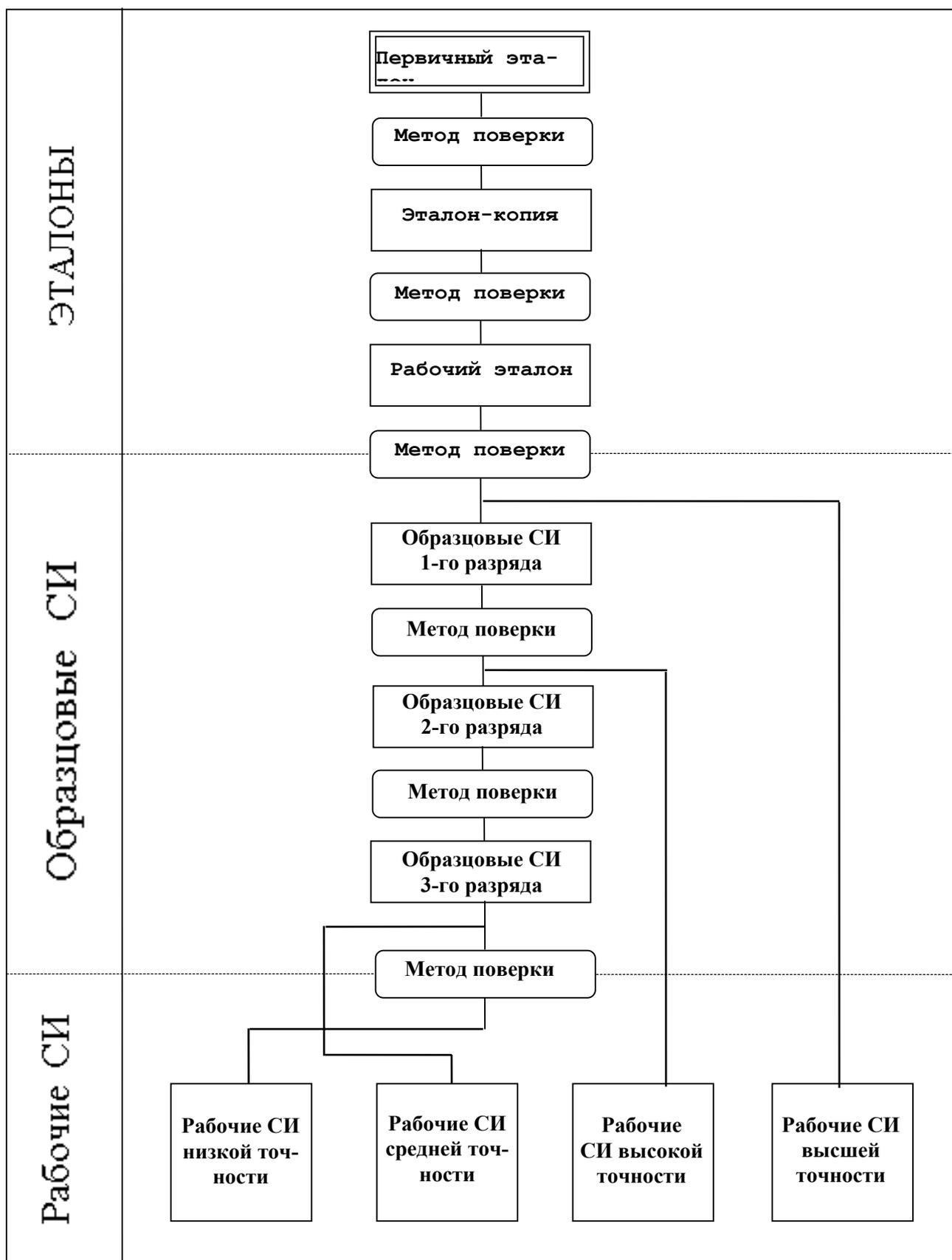


Рисунок 1.3

Как уже отмечалось, государственный первичный эталон обеспечивает передачу размера единиц времени и частоты и шкал времени при помощи телевидения, радио и других каналов связи. Кроме того, для этой цели предназначены и перевозимые квантовые часы, выполняющие функции частотного компаратора. Поэтому основными методами поверки являются непосредственное сличение, сличение при помощи каналов связи, а также сличение при помощи частотного компаратора.

Эталон-копия имеет в своем составе водородные меры частоты, квантовые часы, аппаратуру для внутренних и внешних сличений (включая квантовые часы) и аппаратуру обеспечения. Значения СКО результатов сличения эталон-копии с государственным не превышают $1 \cdot 10^{-13}$, а расхождение шкалы времени - не более ± 1 мкс.

Рабочие эталоны аналогичны по своей аппаратурной реализации эталон-копии. Значения СКО результатов сличения их с государственным не должны превышать $1 \cdot 10^{-12}$, а расхождения шкал времени - не более ± 5 мкс. В качестве образцовых СИ времени и частоты применяются квантовые и кварцевые часы, в качестве образцовых СИ времени применяются также механические часы, а в качестве образцовых СИ частоты - квантовые и кварцевые меры частоты. Пределы допускаемых относительных погрешностей образцовых СИ частоты могут составлять (в зависимости от разряда) $1 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-6}$, а допускаемые значения суточных ходов образцовых СИ времени $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-1}$ с/сут. Разрядность образцовых СИ и конкретная структура поверочной схемы определяются классом точности поверяемых рабочих СИ. В зависимости от вида и типа рабочие СИ частоты могут иметь относительные погрешности в пределах от $1 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-3}$. Суточные ходы рабочих СИ времени могут составлять от $1 \cdot 10^{-7}$ до 10 с/сут.

Большое значение, которое имеют для науки, техники и народного хозяйства измерения времени и частоты, обусловило необходимость создания в республике Государственной службы времени и частоты. Основными задачами этой службы являются координация работ в области времени и частоты, а также разрешение вопросов, связанных с определением, хранением и передачей эталонных сигналов времени и частоты.

2 ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

2.1 Основные термины и определения

Стандартизация - научно-техническая деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления требований для всеобщего и многократного применения в отношении реально существующих или потенциальных задач.

Важнейшими результатами деятельности по стандартизации являются удовлетворение требований потребителя, повышение качества продукции, процессов и услуг их функциональному назначению, устранение барьеров в торговле, соответствие и содействие научно-техническому и экономическому сотрудничеству. Основные положения по стандартизации в РБ устанавливаются СТБ 1.0-92. "Государственная система стандартизации. Основные положения". Стандартизация осуществляется на пользу и при участии всех заинтересованных сторон. Она базируется на новейших достижениях научно-технического прогресса и осуществляется вместе с ним.

Стандартизация решает поставленные перед ней задачи путем разработки, внедрения стандартов и других нормативных документов по стандартизации (НДС) и проведения государственного надзора за ними.

НДС по стандартизации - документ, содержащий правила, требования, нормы, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, обязательный в пределах области распространения. Различают два вида НДС:

Стандарт - НДС, разработанный на основе соглашения большинства заинтересованных сторон, в котором устанавливаются для всеобщего и многократного использования правила, общие принципы, характеристики, требования и методы, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, и направленный на достижение оптимальной степени упорядоченности в определенной области.

Технические условия - НДС на конкретную продукцию (услугу), утвержденный разработчиком (изготовителем) по согласованию с заказчиком (потребителем).

Государственный надзор - деятельность специально уполномоченных государственных органов по контролю за соблюдением предприятиями (организациями) всех форм собственности, должностными лицами и гражданами обязательных требований НДС к качеству продукции, процессов и услуг.

Стандартизация может осуществляться на нескольких уровнях: международном, межгосударственном, (региональном), национальном (государственном) и на уровне предприятия (объединения, ассоциации, фирмы и т.п., далее предприятия).

СТБ 1.0-92 устанавливаются кроме перечисленных выше также следующие основные термины:

Безопасность - отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба здоровью и имуществу.

Взаимозаменяемость - пригодность одного изделия для использования вместо другого изделия, процесса или услуги (далее продукции) в целях выполнения одних и тех же требований.

Охрана окружающей среды - защита окружающей среды от неблагоприятного воздействия продукции, процессов и услуг во время изготовления и прямого применения или утилизации продукции, а также экономической безопасности для жизнедеятельности человека.

Совместимость - пригодность продукции, процессов и услуг к совместному, не вызывающему нежелательных взаимодействий и последствий, превышающих допустимый (заданный) уровень, использованию при заданных условиях для выполнения установленных требований.

2.2 Цели и задачи стандартизации

Основные принципы, цели и задачи стандартизации на межгосударственном уровне установлены межгосударственным стандартом ГОСТ 1.0-92 и на национальном уровне (Республика Беларусь) - СТБ 1.0-92. Основными принципами стандартизации на всех уровнях являются:

1. Взаимное стремление всех заинтересованных сторон к достижению согласия по обеспечению оптимального качества продукции.
2. Обеспечение гармонизации требований стандартов всех уровней распространения (категорий).
3. Пригодность стандартов в целях сертификации продукции.
4. Комплексность стандартизации взаимосвязанных объектов путем согласования требований к ним и увязки сроков введения в действие НДС.
5. Обеспечение соответствия стандартов всех категорий современным достижениям науки, техники и передового опыта.

Основными целями стандартизации являются:

1. Защита интересов потребителей и страны в вопросах качества продукции, обеспечение их безопасности для жизни и здоровья людей, охраны окружающей среды.
2. Обеспечение качества продукции в соответствии с достигнутым уровнем развития науки и техники, с потребностями населения и народного хозяйства.
3. Обеспечение совместимости и взаимозаменяемости продукции.
4. Содействие внедрению ресурсосберегающих технологий.
5. Устранение технических барьеров в торгово-экономическом и научно-техническом сотрудничестве, обеспечение конкурентоспособности белорусской продукции на мировом рынке, участие РБ в международном разделении труда.
6. Содействие повышению обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

Основными задачами стандартизации являются:

1. Установление оптимальных требований к качеству продукции в интересах потребителя и республики, обеспечивающих безопасность для жизни, здоровья или имущества граждан и охрану окружающей среды.

2. Обеспечение гармонизации требований стандартов РБ с требованиями международных, региональных и национальных стандартов ведущих зарубежных государств.

3. Обеспечение всех видов совместимости и взаимозаменяемости продукции.

4. Унификация на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, блочно-модульных составных частей изделий.

5. Согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов.

6. Снижение материалоемкости и энергоемкости продукции, применение безотходных и малоотходных технологий.

7. Установление метрологических норм, правил, положений и требований.

8. Нормативно-техническое обеспечение испытаний, сертификации, оценки и контроля качества продукции.

9. Ведение и развитие системы классификации и кодирования технико-экономической информации.

2.3 Организация работ по стандартизации. Органы и службы стандартизации

Стандартизация может осуществляться на различных уровнях: международном, региональном (в рамках нескольких государств одного региона или объединенных в экономическое сообщество), национальном (на уровне отдельного государства), отраслевом и, наконец, на уровне отдельного предприятия (фирмы, объединения). На каждом из этих уровней существуют своя номенклатура объектов стандартизации и сеть органов, выполняющих конкретные работы.

Координацию всех работ по стандартизации в мировом масштабе осуществляет международная организация по стандартизации (ИСО). В ее состав входит более 150 комитетов, каждый из которых решает вопросы стандартизации в определенной области науки и техники. В него входит также в качестве самостоятельной организации Международная электротехническая комиссия (МЭК). ИСО и МЭК занимаются также через свои комитеты и подкомитеты разработкой международных стандартов и рекомендаций.

На региональных уровнях действует ряд межгосударственных организаций, таких, как, например, СЕН - Европейский комитет по стандартизации, СЕНЭЛЕК - Европейский комитет по стандартизации в электротехнике, ИНСТА - Межскандинавская организация по стандартизации, МСС - Межгосударственный совет по стандартизации СНГ и другие. В их задачи входит координация совместных усилий в области стандартизации, согласование политики в области стандартизации, проводимой в этих государствах, разработка НДС в интересах данного региона (сообщества).

В отдельных странах за вопросы стандартизации отвечают специально организованные государством национальные органы по стандартизации. Так, в России это Государственный комитет по стандартизации, метрологии и сертификации, в Японии его функции возложены на Министерство промышленности.

В Республике Беларусь таким центральным координирующим органом является Государственный комитет по стандартизации, метрологии и сертификации РБ - (Госстандарт РБ, далее Госстандарт). Он имеет в своем административном подчинении сеть территориальных органов - центров стандартизации и метрологии (ЦСМ). Часть вопросов, касающихся координации и перспективного планирования работ по стандартизации в РБ (в первую очередь, в сфере промышленности) решает головная организация по стандартизации и сертификации - Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС).

Для решения задач стандартизации в отраслях народного хозяйства в них имеются головные организации по стандартизации, а также органы и службы стандартизации на предприятиях (фирмах, объединениях), в учреждениях и организациях.

Рассмотрим более подробно задачи, функции и права органов стандартизации, действующих в РБ.

Госстандарт (до 1997г. Белстандарт) был создан в июле 1991 года (ранее его роль играло Белорусское управление Госстандарта СССР). К числу основных задач Госстандарта следует отнести:

- организационно-методическое руководство по развитию стандартизации в целом по РБ, проведение конкретных работ по стандартизации на национальном уровне;

- организацию и осуществление государственного надзора за внедрением и соблюдением НДС;

- организацию и проведение работ по сертификации;

- проведение поверки и государственных испытаний средств измерений, а также метрологического надзора за обеспечением единства и достоверности измерений на всех предприятиях вне зависимости от их подчиненности и форм собственности;

- осуществление контроля качества экспортируемой продукции;

- оказание предприятиям инженерно-технических услуг в вопросах стандартизации;

- защиту интересов потребителей и государства в вопросах качества и безопасности продукции, процессов и услуг;

- Основными функциями Госстандарта и его органов являются:

- проведение работ по стандартизации и определение путей наиболее эффективного использования научных и технических достижений при их выполнении;

- разработка проектов законодательных и нормативных актов, а также методических документов по национальной стандартизации;

оказание методической помощи предприятиям РБ в выполнении ими функциональных обязанностей в области стандартизации;

планирование работ по национальной стандартизации, разработка и утверждение национальных стандартов;

организация государственного надзора за стандартами;

участие в установленном порядке в государственных испытаниях продукции;

осуществление государственного надзора за средствами измерений параметров окружающей среды;

выполнение функций национального органа по сертификации;

осуществление государственного надзора за средствами измерений;

обеспечение всех субъектов хозяйственной деятельности РБ научно-технической информацией по стандартизации, метрологии и сертификации (на платной основе), пропаганда знаний в этих вопросах;

выполнение платных работ по стандартизации, метрологии и сертификации на договорной основе;

подготовка и участие в подготовке кадров в области стандартизации, метрологии и сертификации;

представление РБ в международных и региональных организациях по вопросам стандартизации, метрологии и сертификации.

Естественно, что для решения поставленных перед Госстандартом задач, он должен обладать соответствующими правами. К их числу относится право:

привлекать по согласованию с руководителями предприятий технические средства и специалистов этих предприятий для проведения государственного надзора;

давать разъяснения по вопросам, относящимся к компетенции Госстандарта;

получать от предприятия все необходимые сведения и документацию, необходимую для выполнения Госстандартом его функций;

утверждать национальные стандарты, выдавать разрешения на временные отступления от требований стандартов на продукцию, реализуемую внутри РБ.

Каждый из 14 существующих ныне в РБ центров стандартизации и метрологии выполняет функции, аналогичные функциям Госстандарта применительно к закрепленной за ними территории.

По вопросам, относящимся к области архитектуры и строительства, функции Госстандарта выполняет Госстрой РБ.

Роль научно-методического и координационного центра в каждой из отраслей народного хозяйства РБ играют головные организации по стандартизации, которые могут создаваться не только по отраслевому признаку. В ряде случаев они могут быть межотраслевыми, ориентированными на определенное направление народнохозяйственной деятельности. Административное руководство всеми работами по стандартизации в отраслях могут осуществлять как специально организованные для этого подразделения министерств, так и головные организации.

Перечислим их основные задачи, функции и права.

К числу их основных задач и функций следует отнести:

формирование научно-технической политики по стандартизации в сфере деятельности данной отрасли (министерства или ведомства);

обеспечение технического единства и координации работ по стандартизации в отрасли;

обеспечение гармонизации НДС, разработанных на отраслевом уровне с требованиями международных и национальных НДС;

повышение эффективности работ по стандартизации, проводимых на предприятиях отрасли;

планирование и координацию работ по стандартизации;

разработку и координацию работ по разработке НДС;

проведение работ по проверке, пересмотру и отмене НДС, формирование оптимального фонда таких документов;

проведение экспертизы НДС, разрабатываемых предприятиями отрасли, подготовка отзывов и заключений по проектам НДС, разработанным другими разработчиками, и по отношению к которым они являются заинтересованной стороной;

участие в разработке программ комплексной стандартизации и других научно-технических программ, включающих вопросы стандартизации, подготовка предложений в планы государственной стандартизации;

организацию и проведение ведомственного контроля за внедрением и соблюдением НДС на предприятиях отрасли;

организацию работ по повышению квалификации и подготовке кадров по вопросам стандартизации;

предоставление необходимых сведений в Госстандарт и его органы;

организацию информационного обеспечения предприятий, учреждений и организаций отрасли в вопросах стандартизации;

выполнение конкретных работ по стандартизации по заявкам предприятий на договорной основе.

Они имеют право:

получать от предприятий отрасли всю информацию, необходимую как для планирования работ, так и для контроля за работой предприятия отрасли по вопросам стандартизации;

разрешать спорные вопросы, возникающие между предприятиями отрасли в области стандартизации;

давать заключения о качестве работ по стандартизации, проводимых на предприятии;

выступать в качестве представителя отрасли в вопросах стандартизации на национальном и международном уровнях.

Основную массу работ по стандартизации выполняют службы стандартизации предприятий и организаций. На них возлагается выполнение работ по внедрению НДС, участие в разработке и разработка собственных НДС, контроль за

соблюдением НДС в подразделениях предприятия, нормоконтроль всей разрабатываемой на предприятии документации. Организационно службы стандартизации на предприятиях оформляются в виде конструкторских, технологических, научно-исследовательских отделов, лабораторий, групп, численный и качественный состав которых определяется номенклатурой и объемом работ, выполняемых этими службами.

2.4. Категории и виды нормативных документов по стандартизации

Стандартизация является одной из составных частей технической политики государства. В соответствии с перечисленными уровнями стандартизации в РФ действуют следующие категории стандартов:

1. Межгосударственные стандарты (ГОСТ) - стандарты, принятые Межгосударственным советом по стандартизации метрологии и сертификации. Они устанавливаются на объекты, представляющие межгосударственный интерес, а именно:

общетехнические нормы и требования, в том числе технический язык, типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общемашиностроительного применения (подшипники, крепеж и др.), совместимые программные и технические средства информационных технологий, справочные данные о свойствах материалов и веществ, классификация и кодирование продукции;

объекты крупных промышленных и хозяйственных комплексов (транспорт, энергетика, связь и др.);

объекты крупных межгосударственных социально-экономических и научно-технических программ (обеспечение водой, создание систем контроля среды обитания, обеспечение электромагнитной совместимости электро- и радиоэлектронных изделий и другие);

взаимопоставляемая продукция, выпускаемая в ряде государств.

В межгосударственные стандарты включают:

требования к качеству продукции, обеспечивающие их безопасность для жизни, здоровья, имущества, охрану окружающей среды;

требования к технике безопасности и производственной санитарии;

требования к совместимости и взаимозаменяемости продукции;

параметрические ряды и типовые конструкции изделий;

основные потребительские (эксплуатационные) свойства продукции, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению и утилизации продукции;

методы контроля и испытаний продукции;

требования, обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве, эксплуатации (применении) продукции и оказании услуг, в том числе правила оформления технической документации, допуски и посадки, термины, определения и обозначения, метрологические и другие общетехнические правила и нормы;

требования к сохранению и рациональному использованию всех видов ресурсов.

Межгосударственный стандарт распространяется на государства, проголосовавшие за его принятие. Он не налагает каких-либо обязательств на государства, воздержавшиеся от голосования, проголосовавших против принятия стандарта или не заинтересованные в стандарте.

В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержания установленных к нему требований предусмотрены следующие виды стандартов:

стандарты основополагающие, устанавливающие общие организационно-методические положения для определенной области деятельности, а также общетехнические требования (нормы, правила), обеспечивающие взаимопонимание, техническое единство и взаимосвязь различных областей науки, техники и производства в процессе создания и использования продукции, охрану окружающей среды, труда и другие общественные требования;

стандарты на продукцию (услуги), устанавливающие требования к группам однородной продукции;

стандарты на процессы, устанавливающие требования к методам (способам, приемам, режимам, нормам) выполнения различного рода работ в технологических процессах на отдельных этапах жизненного цикла продукции (разработки, хранения, транспортирования, эксплуатации, ремонта и утилизации);

стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа), устанавливающие методы (способы, приемы, режимы, алгоритмы и др.) проведения испытаний продукции при ее создании, сертификации и использовании (применении).

2. Стандарты Республики Беларусь (СТБ) - это НДС, устанавливающие основополагающие и общетехнические требования, а также требования к группе однородной или конкретной продукции, утвержденные Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации Республики Беларусь (Госстандартом) или Госстроем РБ, (в его компетенции находятся вопросы архитектуры и строительства).

Объектами стандартизации СТБ могут быть:

система стандартизации в РБ и организация работ по стандартизации, метрологии и сертификации;

единый технический язык, используемый на всех этапах жизненного цикла продукции;

элементы крупных научно-технических и социально-экономических программ;

продукция широкого применения для удовлетворения потребностей населения и предприятий РБ, а также поставляемая в другие государства;

предметы снабжения армии и двойного назначения.

СТБ являются обязательными для всех предприятий вне зависимости от их подчиненности и форм собственности, а также лиц, занимающихся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица.

Порядок разработки, утверждения, государственной регистрации СТБ, а также внесения в них изменений регламентируется СТБ 1.2-93.

Обозначение СТБ включает в себя индекс стандарта (СТБ) и три группы цифр, первой из которых обозначают номер системы стандартов, второй - номер стандарта в этой системе (он может быть разбит на несколько подгрупп, если в рамках данной системы стандартов предусматриваются подсистемы а также группы стандартов) и третьей - последние две цифры года утверждения или пересмотра стандарта. В обозначении СТБ, не входящих в системы, первая группа цифр отсутствует.

Обозначение состоит из индекса СТБ и обозначения такого стандарта, но без указания года его утверждения или пересмотра, и после тире, - года утверждения этого СТБ (например, СТБ ИСО 87-93). Если же такой СТБ разработан на основе идентичных текстов нескольких стандартов, то в обозначение СТБ входит обозначение только одного из них - основополагающего, а остальные указываются в предисловии к стандарту.

3. Стандарты предприятий, объединений, учреждений, организаций и фирм (СТП), рамками которых и ограничивается сфера их применения, разрабатываются на создаваемые и применяемые только на данном предприятии продукцию и услуги. На поставляемую продукцию они не разрабатываются. Вместе с тем, СТП могут вносить ограничения на применение других НДС более высоких категорий в плане ужесточения требований по сравнению с этими НДС. Обозначение СТП состоит из индекса (СТП) и регистрационного номера (как и в случае СТБ). Могут применяться также и другие индексы, принятые на предприятии.

Помимо стандартов в РБ действуют и другие НДС. К их числу относятся:
руководящие документы по стандартизации (РД);
технические условия (ТУ);
технические описания (ТО);
технические рецептуры (РЦ).

Руководящие документы Республики Беларусь (РД РБ) устанавливают правила, принципы и характеристики в определенной области деятельности. Они утверждаются органом, компетентным в этой области, который одновременно устанавливает и порядок их применения. Если РД разработан в развитие или в дополнение к действующим стандартам, он должен согласовываться с Госстандартом. Держателем оригинала является организация, разработавшая и утвердившая этот документ.

Обозначение РД включает в себя: индекс (РД РБ), установленный номер отрасли, номер РД и год утверждения или пересмотра (например, РД РБ 0210.1-95). Вторая группа цифр может разбиваться на подгруппы и включать номер документа и номер подгруппы.

Технические условия разрабатываются на продукцию, ее составные части и полуфабрикаты, предназначенные для самостоятельной поставки, при отсутствии стандартов на них, а также в случае необходимости дополнения или уже-

сточения требований, установленных в этих стандартах. Обозначение ТУ включает в себя индекс (ТУ) и три группы цифр, первая из которых - восьмизначный код предприятия-разработчика (он устанавливается вычислительным центром Государственного комитета РБ по статистике и анализу), а вторая и третья по аналогии с СТП.

ТУ РБ также применяются всеми предприятиями вне зависимости от форм собственности и принадлежности в соответствии с лицензиями на производство и реализацию данной продукции. ТУ на пищевую продукцию и продукцию, выпускаемую серийно, подлежат согласованию и регистрации в органах Госстандарта.

Технические описания (ТО) и технические рецептуры (РЦ) - это также НДС на конкретную продукцию. Они разрабатываются в случаях, предусмотренных стандартами на эту продукцию или группу такой однородной продукции, или стандартом, устанавливающим порядок постановки на производство простейших товаров народного потребления. В них указывается краткая характеристика (основные параметры), требования к качеству сырья, указания о ценности продукции, требования к ее применению, транспортированию и хранению.

Технические условия, описания и рецептуры утверждаются самим разработчиком продукции и он является владельцем этих документов. Их обозначения аналогичны. Государственной регистрации ТО и РЦ не подлежат и регистрируются самим разработчиком.

2.5 Порядок обращения нормативных документов по стандартизации

Стандартизация в РБ является частью технической политики государства и по этой причине осуществляется на плановой основе. Планы государственной стандартизации составляются на основе государственных планов РБ и предложений и заявок отраслей, предприятий, организаций и заинтересованных лиц и утверждаются Госстандартом. Аналогичным образом осуществляется планирование работ в отраслях. Планы отраслевой стандартизации составляются головной организацией по стандартизации и утверждаются руководителем отрасли.

Планы государственной стандартизации должны обеспечивать:

1. Опережающее проведение работ по стандартизации сырья, материалов, комплектующих изделий, технологий и процессов, от которых зависят параметры качества конечной продукции.
2. Нормативное обеспечение вновь осваиваемых видов продукции.
3. Гармонизацию разрабатываемых в РБ НДС со стандартами более высокого уровня.

Финансирование работ по планам государственной стандартизации может осуществляться либо из государственного бюджета через Госстандарт, либо за счет средств заинтересованных юридических или физических лиц. Финансирование работ, выполняемых по планам отраслевой стандартизации, осуществляется отраслями из собственных или других источников.

2.5.1. Порядок разработки и утверждения стандартов

Порядок разработки и утверждения стандартов регламентируется СТБ 1.2-93. Этим стандартом устанавливается также требование к регистрации, изданию и обновлению (изменению и пересмотру) СТБ и требование к принятию межгосударственных стандартов и стандартов других стран.

Разработку СТБ осуществляют Госстандарт, головные организации и технические комитеты по стандартизации, а также предприятия и организации отраслей в соответствии с утвержденным планом государственной стандартизации.

При разработке стандарта руководствуются законодательством РБ, действующими в республике национальными и межгосударственными стандартами. В процессе разработки используются результаты научно-исследовательских (НИР), опытно-конструкторских (ОКР) и проектных работ, патентных исследований и другая информация о достижениях отечественной и зарубежной наук по тематике рассматриваемого объекта стандартизации.

Разработанный проект стандарта вместе с пояснительной запиской рассылается на отзывы в соответствии с вышеуказанными перечнями. Организации, получившие на отзыв проект, обязаны направить свои замечания и предложения разработчику в месячный срок по получении. Замечания и предложения должны указываться в следующей последовательности: по проекту в целом, по разделам, подразделам и, наконец, по пунктам проекта стандарта. Все замечания и предложения должны быть обоснованы и носить конструктивный характер.

На этапе разработки окончательной (последующих) редакции проекта стандарта разработчик составляет сводку отзывов, окончательную (последующую) редакцию проекта и новую пояснительную записку.

Сводка отзывов составляется по установленной СТБ 1.2 форме и должна содержать заключение разработчика по каждому замечанию в отдельности. Если разработчик согласен с замечанием, он пишет "принято" в графе "Заключение организации-разработчика" сводки и обязан учесть это замечание в новой редакции. Если же замечание или предложение принято частично, то в заключении пишут "принято частично" и указывают, какая часть замечания отклоняется и почему.

На этапе утверждения и регистрации организация-разработчик не позже чем за шесть месяцев до предполагаемого внедрения стандарта направляет в утверждающую организацию окончательную редакцию проекта стандарта и комплект документации к ней: пояснительную записку, документы, подтверждающие согласованные документы, сводку отзывов на проект и сами отзывы.

Утверждающая организация в срок не более трех месяцев должна рассмотреть представленный проект и прилагаемые к нему документы, провести экспертизу проекта, а также подготовку к его утверждению или принятию решения о возврате проекта стандарта на доработку.

После утверждения стандарт регистрируется и вводится в действие соответствующим приказом (для СТБ это Постановление Госстандарта). Одновременно стандарту присваивается номер и устанавливается дата введения в действие.

Стандарт на регистрацию представляется совместно с копией документа о согласовании, пояснительной запиской к окончательной редакции, копией приказа (постановления) о его утверждении. Регистрация стандарта производится в срок до пятнадцати дней.

Действовать стандарт начинает с момента его регистрации.

Издание стандарта осуществляет организация, утвердившая стандарт, либо организация - держатель оригинала стандарта как его собственник (для СТБ это Госстандарт). Информация о вступлении в силу новых СТБ дается в специальном информационном указателе, издаваемом и распространяемом Госстандартом. Заинтересованные в СТБ предприятия, учреждения, организации и частные лица приобретают его через сеть соответствующих органов Госстандарта.

2.5.2. Обновление стандартов

Стандарт считается внедренным, если в полном объеме выполнены все плановые мероприятия по его внедрению и соблюдаются все его требования. Вместе с тем актуальность этих требований и их соответствие современному уровню развития с течением времени изменяются. Для поддержания этого соответствия и внедрения в стандартизацию новейших достижений науки и техники стандарты должны обновляться. Обновляют стандарты либо по результатам их проверки, которую проводят не реже, чем раз в три года, либо по поручениям организаций-заказчиков, либо по обоснованным предложениям заинтересованных сторон (предприятий, учреждений и организаций).

Проверку и обновление стандарта осуществляет, как правило, организация-разработчик. При необходимости к работам по обновлению могут привлекаться другие организации. В результате проверки дают оценку научно-техническому уровню стандарта на основании анализа его содержания на соответствие требованиям действующего законодательства, стандартов более высоких категорий, заказчика, достижениям науки и техники и другим требованиям. По итогам проверки составляют акт, в котором дают оценку уровню и эффективности стандарта и предложения по дальнейшему применению стандарта без изменений, либо о необходимости его пересмотра, изменения или отмены, или готовят проект изменения стандарта, который направляют на согласование (как и при разработке первой редакции этого стандарта).

Каждому вносимому в стандарт изменению присваивается свой номер и устанавливается дата введения в действие этого изменения (не ранее чем через шесть месяцев после его утверждения). Все изменения подлежат регистрации в том же порядке, что и сам стандарт. Текст изменения подклеивается к первой странице всех состоящих на учете экземпляров стандарта.

При пересмотре стандарта разрабатывают новый стандарт вместо действующего и в нем указывают, взамен какого он разработан. Новому стандарту присваивают обозначение отмененного с заменой цифр года утверждения. При пересмотре стандарта одновременно готовят предложения по обновлению или отмене взаимосвязанных стандартов. Информация об изменениях в стандартах

или их отмене публикуется в информационных указателях, что является официальным основанием для применения нового варианта.

2.5.3. Особенности разработки, принятия и обновления межгосударственных стандартов, технических условий, описаний и рецептур

Межгосударственные стандарты разрабатываются по плану межгосударственной стандартизации. Разработчиком являются головные и базовые организации, а также технические комитеты заказчика. При разработке стандартов необходимо выполнять требования ГОСТ 1.0 и ГОСТ 1.5.

При разработке проекта стандарта в РБ он рассылается разработчиком на отзывы в национальные органы по стандартизации государств - членов Межгосударственного совета по стандартизации и его технические комитеты. Окончательная редакция рассматривается НТК Госстандарта и направляется вместе со сводкой отзывов в технический комитет. Если стандарт разрабатывается другой страной, то Госстандарт организует в трехмесячный срок рассмотрение проекта через министерства и ведомства РБ, головные и базовые организации. При наличии принципиальных разногласий Госстандарт организует совещание, а затем представляет в межгосударственном совете по этому стандарту.

Присоединение к ранее разработанному стандарту осуществляется Госстандартом по инициативе министерств и ведомств, а также производителей и потребителей продукции в соответствии с ГОСТ 1.0.

Обновление межгосударственных стандартов осуществляется по процедуре, аналогичной разработке стандартов.

В отличие от стандартов порядок разработки ТУ, ТО и РЦ регламентируется соответственно, СТБ 1.3 и СТБ 1.4.

ТУ разрабатываются на продукцию и составные части изделий, предназначенные для самостоятельной поставки в том случае, если отсутствуют действующие на них стандарты, а также в случае необходимости ввести некоторые дополнительные требования. Построение и изложение ТУ рекомендуется осуществлять по ГОСТ 2.114, а ТО и РЦ - по СТБ 1.5. Требования, устанавливаемые ТУ, ТО и РЦ не должны быть ниже установленных обязательных требований действующих стандартов, а также нормативных документов на исходную продукцию или сырье.

Проекты ТУ, ТО и РЦ согласовываются с заинтересованными сторонами и утверждаются руководителями предприятий-разработчиков. Одновременно указывается дата введения и, при необходимости, срок их действия.

При необходимости внесения изменений в ТУ оформляется извещение в соответствии с ГОСТ 2.503. Если изменения затрагивают основные технические характеристики продукции или возникает необходимость снятия ограничения на срок действия ТУ, то эти изменения и решения о снятии ограничения согласовываются и утверждаются как и при разработке ТУ. Порядок внесения изменений в ТО регламентирован, как и для стандартов, СТБ 1.5. При оформлении РЦ отдельным документом изменения в нее не вносятся, а разрабатывается новая РЦ.

Обеспечение ТУ, ТО и РЦ осуществляется предприятиями-держателями их подлинника, информацию о которых обеспечивает Госстандарт.

5.4. Применение нормативных документов по стандартизации, государственный надзор и ведомственный контроль за ними

Порядок применения НДС в Республике Беларусь, а также государственный надзор и ведомственный контроль за ними регламентируется СТБ 1.0. В соответствии с ним межгосударственные стандарты и стандарты Республики Беларусь должны применять на территории РБ все предприятия (объединения), в том числе с иностранными инвестициями, учреждения, организации, независимо от форм собственности и подчиненности; министерства и другие органы государственного управления, а также граждане, занимающиеся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица. Эти стандарты применяют при разработке законодательных актов, при производстве и поставке продукции, при оказании услуг, при разработке конструкторской, технологической и других видов документации. Основным методом их применения в документации - метод "ссылки на стандарты".

Отраслевые НДС (РД, СТП и др.) применяют на территории РБ предприятия и организации, входящие в систему органа, утвердившего данный документ. Руководящие документы, утвержденные Госстандартом, применяются в таком же порядке, как ГОСТ и СТБ в соответствии с областью применения этих РД.

Технические условия применяют при производстве и поставке продукции и оказании услуг при отсутствии стандартов на данную продукцию предприятия и граждане, занимающиеся предпринимательской деятельностью в соответствии с договорами или лицензиями на право производства и реализации продукции или оказания услуг. Технические описания и СТП применяют на предприятиях и объединениях, утвердивших эти НДС.

Международные, региональные и национальные стандарты других государств применяют на основе международных соглашений о сотрудничестве или с разрешения соответствующих организаций и национальных органов, если их требования удовлетворяют потребности РБ и не противоречат действующему в РБ законодательству. Для этого их переоформляют в СТБ. Национальные стандарты других государств при отсутствии языкового барьера могут применяться непосредственно. Международные, региональные, национальные стандарты и стандарты фирм других государств на изготавливаемую и поставляемую только на экспорт продукцию применяются на договорной (контрактной) основе с потребителем продукции.

Стандарты других отраслей, а также стандарты научно-технических инженерных обществ, технические условия других государств (изданные на русском языке) применяют на основе соответствующих соглашений (договоров) о сотрудничестве или с разрешения соответствующих органов, предприятий, организаций, утвердивших эти документы.

Применение НДС означает безусловное выполнение установленных в них обязательных требований. Если продукция не соответствует этим требованиям, она не может быть реализована или передана для реализации. Это же относится и к необязательным (альтернативным) требованиям, если изготовитель продукции или исполнитель услуги сделал документальное заявление о принятии этих требований к выполнению.

Информация о применяемых отраслевых НДС, стандартах научно-технических и инженерных обществ, технических условиях других государств на поставляемую продукцию представляется предприятием (организацией) в Госстандарт (или Госстрой - по объектам его компетенции) в течение месяца после реализации первого образца первой партии продукции. Обеспечение ТУ предприятий и организаций - пользователей, а также постановку пользователей на абонентный учет для своевременного их информирования о внесенных в ТУ изменениях, осуществляет предприятие- держатель подлинника ТУ на договорной основе. Предприятие-держатель подлинника ТУ должно бесплатно предоставить один его экземпляр территориальному органу Госстандарта по его запросу.

Технические условия направляют (выдают) пользователям со всеми внесенными изменениями, имеющимися на момент выдачи. Предприятие - держатель подлинника ТУ в течение одного месяца после государственной регистрации должно направить без дополнительного запроса пользователя, стоящего на абонентном учете, извещение об изменении в количестве, соответствующем количеству учтенных экземпляров этого ТУ. Информацией о наименовании и адресе предприятия - держателя подлинника ТУ обеспечивает Госстандарт.

Государственный надзор и ведомственный контроль за НДС осуществляется в целях обеспечения выполнения обязательных требований, повышения качества и конкурентоспособности продукции.

Главной задачей государственного надзора является предупреждение и пресечение нарушений обязательных требований НДС и принятие мер по устранению этих нарушений. Он осуществляется Госстандартом и подведомственными ему центрами стандартизации и метрологии (или Госстроем - по объектам его компетенции). Государственный надзор за НДС проводится на предприятиях, в том числе с иностранными инвестициями, в учреждениях, организациях независимо от форм собственности и подчиненности, а также у граждан, занимающихся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица.

Государственный надзор за НДС осуществляется по инициативе органов государственного надзора, а также по ходатайству государственных органов,

предприятий, общественных организаций и граждан и проводится в следующих основных формах:

контроль соблюдения требований НДС при разработке, производстве, реализации (в том числе на экспорт), эксплуатации, ремонте, хранении, транспортировании продукции, выполнении работ и оказании услуг;

испытания продукции (в том числе и сертификационные) .

Целью ведомственного контроля за НДС является превентивное предупреждение и пресечение нарушений НДС, действующих в отрасли (ведомстве), объединении, на предприятии, в учреждении или организации.

Задачами ведомственного контроля являются изучение уровня и качества работ по стандартизации, тенденций их развития, обнаружение мест и причин возможного нарушения НДС (неполного выполнения установленных требований) и разработка мероприятий по их предотвращению или устранению. Контроль осуществляют органы ведомственных служб стандартизации на подведомственных или закрепленных за ними предприятиях, организациях и учреждениях.

2.6 Методические основы стандартизации

2.6.1. Система предпочтительных чисел и параметрические ряды

При решении задач стандартизации важное место занимают так называемые параметрические стандарты, устанавливающие ряды параметров и размеров, наиболее рациональные для продукции различных отраслей народного хозяйства. Методической основой таких стандартов являются параметрические ряды - совокупность числовых значений параметров, построенная в определенном диапазоне на основании принятой системы градации.

Любой параметрический ряд строится на основе системы предпочтительных чисел. Смысл этой системы заключается в выборе лишь тех значений параметров, которые подчиняются установленной закономерности. Ряды предпочтительных чисел должны отвечать следующим требованиям:

представлять рациональную систему чисел (градаций), отвечающих потребностям производства и эксплуатации;

быть бесконечными как в сторону малых, так и больших величин (т.е. должны допускать неограниченное развитие параметров);

включать все десятикратные значения любого члена и единицу;

быть простыми и легко запоминаемыми.

Ряды, отвечающие перечисленным требованиям, создаются в основном на базе арифметических и геометрических прогрессий. Арифметические ряды являются относительно неравномерными и получили по этой причине ограниченное распространение в практике стандартизации. Они применяются чаще всего в варианте ступенчато-арифметических рядов, имеющих на отдельных отрезках различные значения разности ряда. Примером может служить ряд, устанавливающий классы точности средств измерений (ГОСТ 8.401).

$$K_n = [1; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0] \cdot 10^n,$$

где $n = 1, 0, -1, -2, \dots$

Наиболее полно удовлетворяют требованиям стандартизации геометрические ряды, являющиеся относительно равномерными. Как известно, любой член геометрической прогрессии (N_i) определяется из выражения

$$N_i = q_r^i,$$

где q_r - знаменатель прогрессии; $i = 0, 1, 2, 3, \dots$

Геометрическая прогрессия имеет следующие важные для целей стандартизации свойства:

отношение двух смежных членов всегда постоянно

$$\frac{N_{i+1}}{N_i} = q_r,$$

откуда следует вывод об относительной равномерности геометрического ряда; произведение или частное двух любых членов прогрессии также есть член этой прогрессии:

$$q_r = \sqrt[R]{10} \text{ и } q_r = \sqrt[E]{10},$$

получившие соответственно названия рядов R и E. Рассмотрим их более подробно.

В соответствии с рекомендацией ИСО и ГОСТ 8032 в СНГ установлены для применения четыре основных ряда R (R5, R10, R20, R40) и один дополнительный ряд R80 с параметрами, указанными в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Числовое обозначение ряда	Значения q_r	Число членов ряда в интервале 1...10
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1,60$	5
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1,25$	10
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1,12$	20
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1,06$	40
R80	$\sqrt[80]{10} \approx 1,03$	80

Членами рядов R являются округленные числа, получаемые с учетом приведенных значений q_r , причем каждый последующий ряд включает члены всех предыдущих рядов. Погрешность округления (недостаток геометрических рядов) не превышает 1,3 %. В таблице 2.2 приведены значения членов основных рядов R в интервале 1...10.

Значение членов более 10 получается умножением соответствующих членов ряда из интервала 1...10 на 10, 100, 1000 и т.д., а значения менее 1 - умножением на 0,1; 0,01; 0,001 и т.д.

На практике следует отдавать предпочтение ряду, содержащему в пределах одного интервала меньшее число членов, т.е. предпочитать ряд R5 ряду R10, R10 - R20 и так далее. Дополнительный ряд R80 следует принимать только в технически обоснованных случаях.

В тех случаях, когда устанавливаются градации параметров, зависящих от других параметров, образованных на базе основных рядов, допускается применение производных рядов, получаемых из основных одним из следующих способов: отбором каждого i -го ($i = 2, 3, \dots$) члена основного ряда; ограничением ряда с одной или двух сторон: включением в ряд дополнительных чисел, не подчиняющихся принятой системе градации, а также комбинации этих способов. Производные ряды обозначаются условным индексом основного ряда и принятым числом i , стоящим под косой чертой после обозначения основного ряда, с указанием (в скобках) начала или конца ряда и введенных дополнительных чисел. Например, R10/3 (1,6;...3,14;...). Наконец, в практике стандартизации нашли также применение ступенчатые ряды, имеющие различные знаменатели на отдельных участках ряда.

Таблица 2.2

R5	R10	R20	R40	Продолжение			
				R5	R10	R20	R40
1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	3,15	3,15	1,00
			1,06				3,35
			1,12				3,55
			1,18				3,75
			1,25				4,00
	1,25	1,25	1,25	4,00	4,00	4,00	1,25
			1,32				4,25
			1,40				4,50
			1,50				4,75
			1,60				5,00
1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	5,00	5,00	1,60
			1,70				5,30
			1,80				5,60
			1,90				6,00
			2,00				6,30
	2,00	2,00	2,00	6,30	6,30	6,30	2,00
			2,12				6,70
			2,24				7,10
			2,36				7,50
			2,50				8,00
2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	8,00	8,00	2,50
			2,65				8,50
			2,80				9,00
			3,00				9,50
			10,00				10,00
				10,00	10,00	10,00	10,00

Универсальность рядов R позволяет применять их для целей стандартизации практически во всех отраслях народного хозяйства. Однако в радиоэлектронике, наряду с рядами R, применяются в соответствии с рекомендациями МЭК

ряды E, причем наибольшее практическое распространение получили ряды E3 ($q_r = \sqrt[3]{10} \approx 2,2$), E6 ($q_r = \sqrt[6]{10} \approx 1,4$), E12 ($q_r = \sqrt[12]{10} \approx 1,2$) и E24 ($q_r = \sqrt[24]{10} \approx 1,1$), а в микроэлектронике - также ряды E48, E96, E192.

Свойства рядов E полностью аналогичны свойствам рядов R. Значения членов рядов E в интервале 1...10 приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

E3	E6	E12	E24	Продолжение			
				E3	E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0	1,0	4,7	4,7	4,7	3,3
			1,1				3,3
			1,2				3,9
			1,3				4,3
			1,5				4,7
2,2	2,2	2,2	2,2	10,0	10,0	10,0	6,8
			2,4				7,5
			2,7				8,2
			3,0				9,1
			10,0				10,0

Помимо рассмотренных универсальных (стандартных) рядов в радиоэлектронике для стандартизации важнейших параметров конкретных групп изделий и их составных частей применяются специализированные ряды, которые могут оформляться в виде таблиц-сеток, содержащих разрешенные для применения сочетания значений различных параметров в отдельном объекте. В такие таблицы-сетки включаются значения, выбираемые из универсальных стандартных рядов.

При выборе ряда и его диапазона, разрешаемого для применения, руководствуются рядом факторов, основными из которых являются перспективы роста производства и потребностей, тенденции развития данных объектов (изделий); передовой отечественный и зарубежный опыт производства и эксплуатации данных объектов (изделий), а также возможности экспорта изделия.

2.6.2. Основные методы стандартизации

Основными методами стандартизации являются: ограничение (симплификация), типизация, унификация и агрегатирование. Рассмотрим кратко каждый из этих методов.

Ограничение (симплификация) - метод стандартизации, заключающийся в отборе и рациональном ограничении номенклатуры объектов, разрешенных для применения в данной отрасли, на данном предприятии или в каком-либо объекте до числа, достаточного для удовлетворения существующих в данное время потребностей. При этом оставляются только те объекты, которые считают не-

обходимыми, в них не вносят в дальнейшем какие-либо усовершенствования. Исторически этот метод сложился одним из первых и по сравнению с другими методами является простейшим.

Ограничение может проводиться практически на всех уровнях. В частности, национальные и международные стандарты могут быть ограничены стандартами предприятий. Кроме того, на правах стандартов каждое предприятие может разрабатывать ограничительные перечни, устанавливающие разрешенные к применению типы, виды и номенклатуру комплектующих изделий, узлов и материалов при разработке, изготовлении или модернизации каких-либо изделий, также ограничение на использование тех или иных НТД. Наконец, могут вводиться ограничения на виды используемых технологических процессов, элементы различных конструкций, номиналы электрических, физических и других параметров изделий и т.д. В результате уменьшается номенклатура и количество различных изделий, циркулирующих на предприятиях, снижается стоимость изготовления и эксплуатации продукции, повышается производительность труда и эффективность производства.

Типизация - метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении видов объектов путем установления некоторых типовых видов, принимаемых за основу (базу) при создании других объектов, аналогичных или близких по функциональному назначению. Поэтому этот метод называют еще методом "базовых конструкций".

При типизации не только анализируются уже существующие типы и типоразмеры изделий, но и разрабатываются новые, перспективные, учитывающие новейшие достижения науки, техники и развитие промышленности. Типизация как метод стандартизации обеспечивает сохраняемость отдельных объектов из возможной совокупности, хотя каждый конкретный объект может претерпевать некоторые изменения или доработки для выполнения дополнительных функций.

Типизация получила широкое распространение в промышленности для стандартизации типовых изделий общего назначения и типовых технологических процессов (ТПП) изготовления изделий, а также методов их испытаний. Так, например, в радиопромышленности в настоящее время действует около 1000 ТПП. Характерно также применение этого метода при создании руководящих документов, устанавливающих порядок проведения каких-либо работ, расчетов и т.п. Применение типизации дает большой технико-экономический эффект, который реализуется в следующих направлениях:

при проектировании новых изделий используются проверенные методы, базовые конструкции и модели, исключаются лишние поиски и возможные ошибки;

обеспечивается большая преемственность в производстве при смене различных типов устройств, созданных на одной базе, а подготовка производства значительно ускоряется с одновременным снижением расходов на ее проведение;

облегчаются условия эксплуатации и ремонта изделий, имеющих много общих конструктивных элементов.

Унификация - метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении (до минимального, но достаточного) числа типов, видов и типоразмеров объектов одинакового функционального назначения. Характерными признаками унифицированных объектов являются единообразие в конструктивном оформлении, функциональная законченность, подчинение основных параметров объектов определенному закону (т.е. соответствие рядам предпочтительных чисел), полная взаимозаменяемость их по эксплуатационным показателям и присоединительным параметрам (размерам), и, наконец, возможность использования объектов унификации в составе различных устройств и систем.

Унификация включает в себя ряд разновидностей, основными из которых являются:

модифицированная - унификация между базовой моделью и конструктивными модификациями, выполненными на ее основе;

внутри типовая - унификация между однотипными изделиями, имеющими различные параметры;

меж типовая - унификация узлов и деталей, не имеющих конструктивного подобия, но имеющих сходные значения основных параметров;

общая - унификация сходных по назначению деталей и узлов, не имеющих конструктивного подобия и отличающихся значениями основных параметров.

Из приведенных определений видно, что объектами унификации могут быть детали, узлы, агрегаты, а в ряде случаев сами изделия массового, серийного, а также индивидуального производства. В связи с этим важное значение приобретает оценка уровня унификации, которую можно провести с помощью нескольких принятых в НДС показателей (коэффициентов). В качестве примера можно привести два из них:

1. Коэффициент применяемости $K_{пр}$, характеризующий уровень преемственности составных частей в разрабатываемом изделии,

$$K_{пр} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100 \%,$$

где n - общее количество типоразмеров составных частей. Под типоразмером изделия понимают изделие данного типа и исполнения с определенными значениями параметров (число типоразмеров соответствует числу наименований составных частей в спецификации конструкторской документации); n_0 - количество оригинальных типоразмеров, разработанных впервые для данного изделия.

2. Коэффициент повторяемости $K_{п}$, характеризующий уровень внутрипроектной унификации изделия и взаимозаменяемость составных частей внутри данного изделия,

$$K_{п} = \frac{N - n}{N} \cdot 100 \%,$$

где N - общее количество составных частей в изделии.

Унификация в настоящее время является настолько распространенным методом стандартизации, что практически невозможно представить себе разработку какого-либо нового изделия без применения унифицированных составных частей. Унификация, как правило, внедряется совместно с агрегатированием.

Агрегатирование - метод стандартизации, позволяющий на основе применения ограниченного количества унифицированных деталей и узлов создавать путем их различной компоновки большое разнообразие изделий. Иными словами, агрегатирование позволяет не создавать каждый раз новое изделие заново как оригинальное, а ограничиться лишь перекомпоновкой имеющихся унифицированных составных частей изделия.

Агрегатирование нашло в настоящее время широкое применение в машиностроении, приборостроении и в радиоэлектронике. Применительно к радиоэлектронике агрегатирование реализуется как функционально-узловой метод (ФУМ) проектирования радиоэлектронной аппаратуры из модулей, микросхем и других унифицированных функциональных узлов (УФУ). Ряды УФУ дают возможность компоновать практически неограниченную номенклатуру разнообразных радиоэлектронных устройств из ограниченного набора узлов.

Совместное внедрение унификации и агрегатирование позволяет:

- значительно уменьшить объём конструкторских работ и сроки проектирования;

- сократить в несколько раз кол-во разнообразных деталей, узлов и агрегатов на принципах крупносерийного и массового производства;

- значительно поднять уровень автоматизации производственных процессов и, как следствие, повысить производительность труда и снизить себестоимость продукции;

- обеспечить большую гибкость и мобильность промышленности при переходе на выпуск новых изделий и сокращении сроков подготовки производства;

- повысить качество выпускаемой продукции за счет тщательной отработки конструкции унифицированных деталей, узлов, агрегатов и технологии их изготовления;

- обеспечить благоприятные условия для технического обслуживания и ремонта эксплуатируемых изделий.

Сравнивая рассмотренные выше методы стандартизации, можно сделать вывод о том, что все они ведут к сокращению номенклатуры применяемых деталей, узлов, агрегатов и изделий в целом, улучшая при этом их качество. Они могут быть применены к одним и тем же объектам как дифференцированно, так и в совокупности (в любой комбинации).

Используя эти методы и создавая для этого соответствующие стандарты различных категорий и видов, можно достичь значительного сокращения средств и времени на разработку, производство и эксплуатацию изделий.

2.6.3. Комплексная и опережающая стандартизация, системы стандартов.

В настоящее время особую важность приобретает задача обеспечения качества и конкурентоспособности продукции, успешное решение которой и предо-

пределяет основные направления работ по стандартизации. К таким направлениям относятся: комплексная и опережающая стандартизация и стандартизация межотраслевых систем.

Комплексная стандартизация - стандартизация, осуществление которой обеспечивает наиболее полное и оптимальное удовлетворение требований заинтересованных организаций и предприятий согласованием показателей взаимосвязанных компонентов, входящих в объекты стандартизации и увязкой сроков введения в действие стандартов. Комплексность стандартизации обеспечивается разработкой программ стандартизации, охватывающих изделия, сборочные единицы, детали, полуфабрикаты, а также методы подготовки и организации производства.

Основной задачей комплексной стандартизации является создание регламентируемого стандартами комплекса взаимоувязанных правил, требований, понятий, охватывающих все основные технические и организационные факторы, которые на стадиях проектирования, производства и эксплуатации влияют на номенклатуру изделий, их качество и стоимость, способствуют обеспечению потребности в современной технике.

Таким образом, осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимосвязанных требований как к самому объекту стандартизации, так и ко всем его компонентам, а также к методам подготовки и организации производства.

Работы по комплексной стандартизации должны начинаться с проведения исследований объекта стандартизации и всех компонентов, определяющих его качество. Результатом этих работ является создание плана комплексной стандартизации. Выполнение плана зависит от работы многих организаций и предприятий. При комплексной стандартизации должен быть решен комплекс вопросов, включающих следующие задачи:

- разработку наиболее рациональных параметрических рядов, типов, видов и марок исходной продукции;

- установление классов, групп и основных параметров стандартизуемой продукции;

- установление единых и достоверных методов контроля и испытаний продукции;

- разработку прогрессивных типовых технологических процессов;

- создание общетехнических и методологических стандартов на проектирование и расчеты.

Комплексная стандартизация получила широкое применение во многих отраслях народного хозяйства, в радиоэлектронике и связи. На ее основе формируются перспективные и годовые планы работ по стандартизации. Характерной особенностью этих планов и проводимых работ является их межотраслевой характер. В качестве примеров можно привести работы по реализации программ комплексной стандартизации устройств и систем радиосвязи, радиовещания и телевидения и т.д.

Опережающая стандартизация - стандартизация, заключающаяся в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм, требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время. В зависимости от реальных условий в стандартах устанавливаются показатели, нормы и характеристики в виде ступеней качества, имеющие дифференцированные сроки введения.

Таким образом, опережающая стандартизация - это целенаправленный процесс разработки и внедрения стандартов. Можно выделить следующие наиболее характерные черты опережающей стандартизации:

наличие определенного сдвига во времени процесса стандартизации по отношению к процессу "научное исследование - промышленное производство продукта". Точкой отсчета опережения следует считать момент начала промышленного производства;

объекты опережающей стандартизации определяются конкретными характеристиками и назначением, являющимися новыми в данной сфере производства;

опережающая стандартизация, научные исследования, проектно-конструкторские работы, а также техническая подготовка производства должны составлять единую организационную систему промышленного производства.

Опережающий стандарт отличается от обычных тем, что разрабатывается и утверждается до начала промышленного производства.

Опережающая стандартизация имеет два характерных направления: включение в стандарты прогностических или прогнозируемых требований и показателей, к достижению которых еще должны стремиться наука, техника, производство;

стандартизация требований и показателей, уже достигнутых в процессе разработки изделия, но еще не реализованных в серийном производстве.

Первое направление способствует ускорению внедрения достижений науки и техники в производство, но требует значительной дополнительной работы по прогнозированию параметров, установлению их реальности, перспективности.

Второе направление предполагает стандартизацию уровня, достигнутого в процессе разработки продукции, когда нормы и требования уточняются одновременно с проведением ИР и ОК, подготовкой и началом серийного производства.

Выбор объекта во многом определяет эффективность опережающей стандартизации и зависит от многих факторов. Доминирующим является перспективность объекта, т.е. качество изделия и возможность его повышения, спрос на изделие и его стоимость, относительная новизна и т.д. Для радиоэлектроники и связи в качестве примеров объектов опережающей стандартизации можно привести элементарную базу радиоэлектроники и средств связи, радиоизмерительную технику и технику связи, вычислительную технику, радио- и проводную связь, технологические процессы и т.д.

Стандартизация межотраслевых систем - это разработка комплексов межотраслевых стандартов, облегчающих кооперацию предприятий различных отраслей и международное разделение труда. Она позволяет обеспечить взаимодействие взаимосвязанных производств и отраслей за счет применения ими единых методов, правил, норм, терминов и обозначений, существенно влияет на повышение технического уровня, себестоимости и качества продукции. Разработано около тридцати таких комплексов межгосударственных стандартов - ГОСТ. Ведется разработка аналогичных систем стандартов РБ.

В качестве примера можно привести следующие комплексы стандартов, каждому из которых присвоен свой порядковый номер:

ГОСТ 2. - Единая система конструкторской документации (ЕСКД);

ГОСТ 3. - Единая система технологической документации (ЕСТД);

ГОСТ 7. - Система информационно-библиографической информации;

ГОСТ 8. - Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);

ГОСТ 12. - Система стандартов безопасности труда;

ГОСТ 14. - Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП);

СТБ 8. - Система обеспечения единства измерений РБ.

Номера стандартов, входящих в такие системы, включают в качестве первой группы цифр этого номера номер системы стандартов. Соответственно наименование системы стандартов входит в качестве первого предложения названия этой системы.

2.7 Стандартизация и качество

2.7.1. Система показателей качества

Качество продукции, процессов или услуг (далее продукция) - это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Для характеристики свойств продукции применяют термин "параметр продукции" - признак продукции, количественно характеризующий ее свойства или состояния. Те из параметров, которые отражают существенные свойства продукции и могут использоваться для оценки качества, называют "показатели качества продукции". Таким образом, показатель качества является частным случаем параметра продукции и не все параметры могут приниматься в расчет при оценке качества продукции. При оценке качества и управления им достаточно оперировать только показателями качества.

Показатели качества продукции (в зависимости от количества одновременно характеризующихся ими свойств) дифференцируются на единичные, комплексные, определяющие и интегральные. С другой стороны, различные показатели характеризуют качество продукции с различных сторон. По этому признаку вся совокупность показателей качества подразделяется на группы показателей: назначения, надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость), эргономические, эстетические, технологичности, унификации,

транспортабельности, патентно-правовые, экологические, безопасности и экономические показатели.

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения. Они, в свою очередь, дифференцируются на показатели:

классификационные, характеризующие принадлежность продукции к определенной классификационной группировке;

функциональные и технической эффективности, характеризующие полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции и прогрессивность технических решений, закладываемых в продукцию (для технических объектов эти показатели называют эксплуатационными);

конструктивные, характеризующие основные проектно-технические решения, удобство монтажа и установки продукции, возможность ее агрегатирования и взаимозаменяемости;

состава и структуры, характеризующие содержание в продукции химических элементов или структурных групп.

К показателям надежности относятся единичные показатели, характеризующие:

безотказность - свойство технического объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки (количественно характеризуется, например, вероятностью безотказной работы наработкой на отказ);

долговечность - свойство технического объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния (например, средний ресурс до списания или средний срок службы до списания);

ремонтпригодность - свойство технического объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин повреждений и их устранения путем проведения ремонтов и технического обслуживания (характеризуется, например, средней оперативной продолжительностью текущего ремонта или технического обслуживания);

сохраняемость - свойство технического объекта сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и (или) транспортирования (характеризуется средним сроком сохраняемости);

Надежность технических объектов характеризуется, кроме того, комплексными показателями, к которым относятся коэффициент готовности, коэффициент технического использования и другие.

Эргономические показатели характеризуют систему человек-изделие и учитывают комплекс гигиенических, антропологических, физиологических и психологических свойств человека, проявляющихся в производственных и бытовых процессах. Соответственно этому к эргономическим относят следующие показатели:

гигиенические, определяющие соответствие изделия гигиеническим условиям жизнедеятельности и работоспособности человека при взаимодействии его с изделием (освещенность, температура, влажность, запыленность и другие);

антропологические, определяющие соответствие изделия размерам, форме и весу тела человека;

физиологические и психофизиологические показатели, определяющие соответствие изделия физиологическим свойствам человека и особенностям функционирования его органов чувств (скоростные и силовые возможности человека, пороги слуха и зрения, и тому подобные);

психологические показатели, определяющие соответствие изделия психологическим особенностям человека, которые находят свое отражение в инженерно-психологических требованиях к промышленным изделиям, и требования психологии труда (например, соответствие изделия возможностям восприятия и переработки информации).

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения продукции и стабильность ее товарного вида. В их число входят следующие подгруппы показателей:

информационной выразительности (знаковости, оригинальности и стилевого соответствия);

рациональности форм (функционально-конструктивной и эргономической обусловленности);

совершенства производственного исполнения и стабильности товарного вида (чистоты выполнения контуров и сопряжений, тщательности покрытий и отделки, четкости исполнения фирменных знаков и устойчивости к повреждению).

Показатели технологичности характеризуют свойства продукции, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, средств труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации продукции. Таким образом, технологичность продукции должна количественно оцениваться трудоемкостью, материалоемкостью и себестоимостью изготовления и эксплуатации. Поэтому основными показателями технологичности являются суммарная (общая), структурная, удельная, сравнительная, относительная трудоемкость продукции. Широко применяются такие относительные показатели, как коэффициенты сборности изделия, применяемости и использования материалов.

Показатели унификации позволяют оценить насыщенность продукции стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями, а также уровень унификации с другими изделиями. При этом к стандартным относят те составные части изделия (детали, сборочные единицы, комплекты), которые выпускаются в соответствии с национальными, межгосударственными и международными стандартами, а к унифицированным - составные части, изготовленные по стандартам данного предприятия и используемые также в других из-

делях, или получаемые в порядке кооперации. К показателям унификации относятся коэффициенты применимости, повторяемости, взаимной унификации для групп изделий и унификации для группы изделий.

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность продукции к транспортированию (не сопровождающемуся ее использованием или потреблением). Они должны выбираться для конкретного вида транспорта, а в некоторых случаях для смешанных перевозок. Основными показателями транспортабельности являются затраты, обусловленные выполнением операций по транспортированию продукции, а также подготовительных и заключительных работ. Поэтому наиболее часто используются стоимостные показатели, учитывающие материальные и трудовые затраты, квалификацию и количество людей, выполняющих работы по транспортированию, а также возможные потери при транспортировании (например, усушка и утруска).

Патентно-правовые показатели являются существенной характеристикой при определении конкурентоспособности продукции и указывают на ее патентную защиту и патентную чистоту. Официальным документом, характеризующим степень патентной защиты и патентной чистоты продукции, является "Патентный формуляр". При этом показатель патентной защиты выражает степень защищенности изделия авторскими свидетельствами страны и патентами в странах предполагаемого экспорта (при продаже лицензий на отечественные изобретения). Показатель патентной чистоты отражает степень воплощения в изделии, предназначенном для реализации только внутри страны, технических решений, не подпадающих под действие выданных в СНГ патентов исключительного права, а для изделия, предназначенного для реализации за рубежом, технических решений, не подпадающих также под действие патентов, выданных в странах предполагаемого экспорта. Иными словами, они позволяют судить о возможности беспрепятственной реализации продукции в своей стране и за рубежом.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации или потреблении продукции (реализации процессов или услуг). При выборе экологических показателей необходимо учитывать требования, обеспечивающие предупреждение прямого или косвенного вредного влияния результатов эксплуатации или потребления продукции на природу (например, уровень содержания вредных примесей, вероятность выбросов вредных частиц или газов).

Показатели безопасности позволяют охарактеризовать особенности продукции, обуславливающие безопасность обслуживающего персонала при ее эксплуатации или потреблении. Они должны отражать требования, определяющие меры и средства защиты человека в условиях аварийной ситуации или при нахождении в зоне возможной опасности (например, вероятность безопасной работы человека, время срабатывания защитных устройств, сопротивление изоляции токоведущих частей, наличие аварийной сигнализации).

Экономические показатели представляют собой особую группу показателей. Они характеризуют затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию (применение или потребление) продукции. Они учитываются в интегральном показателе качества при расчете суммарных затрат.

Большое многообразие показателей качества требует соответствующего набора методов их количественной оценки, которые по способам и источникам получения информации дифференцируются следующим образом (ГОСТ 15467-79):

измерительный метод, осуществляемый с помощью СИ;

регистрационный, осуществляемый на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий, предметов или затрат;

расчетный, осуществляемый на основе использования теоретических и (или) эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров;

органолептический, осуществляемый на основе анализа восприятий органов чувств;

экспертный, осуществляемый на основе решения, принимаемого экспертами;

социологический метод, осуществляемый на основе сбора и анализа мнений фактических или возможных потребителей продукции.

Особое место занимают статистические методы оценки показателей качества, при которых значения показателей определяют с использованием правил математической статистики. Необходимость в этом вызвана тем, что в большинстве случаев значения показателей качества являются случайными величинами. При применении статистических методов обязательно должны быть определены законы распределения показателей качества как случайных величин, доверительные границы и интервалы для каждого оцениваемого показателя, коэффициенты корреляции между различными показателями и влияние исследуемых факторов на изменение каждого из оцениваемых показателей качества.

7.2. Оценка уровня качества продукции

Совокупность показателей качества составляет объем той исходной информации о продукции, который необходим для количественной оценки уровня ее качества. При этом под этим уровнем понимается относительная характеристика качества, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. Необходимо при этом отметить, что при сопоставлении образцов отечественной и зарубежной продукции часто приходится ограничиваться так называемым техническим уровнем ее, поскольку экономические показатели для зарубежной продукции, как правило неизвестны. Таким образом, технический уровень продукции - это (по ГОСТ 15467-79) относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, с соответствующими базовыми значениями. Отсюда следует, что основные положения оценки уровня качества продукции полностью относятся и к оценке ее технического уровня.

Необходимость в оценке уровня качества продукции возникает при прогнозировании и планировании уровня этого качества, при контроле и стимулировании улучшения качества, выборе наилучшего варианта продукции, а также в целом ряде других случаев, связанных с управлением качеством продукции. Научная область, объединяющая количественные методы оценки качества, называется квалиметрией.

Под оценкой уровня качества продукции понимается совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми (ГОСТ 14467-79). Уровень качества продукции оценивается на всех стадиях ее жизненного цикла. При этом на стадии разработки продукции, как правило, оценивается технический уровень ее, а на стадиях изготовления и эксплуатации (потребления) - соответственно уровень качества изготовления продукции и уровень качества продукции в эксплуатации (потреблении). Основным документом, отражающим достигнутый уровень качества, является "Карта технического уровня и качества продукции" (оформляемая в соответствии с требованиями ГОСТ 2.116-84).

Из приведенных определений видно, что в основе оценки уровня качества оцениваемой продукции лежит сравнение совокупности показателей качества этой продукции с соответствующей совокупностью показателей качества базового образца. Следовательно, от выбора базового образца в значительной степени зависит результат оценки уровня качества и принимаемое решение. Базовый образец следует выбирать из группы продукции, аналогичной по назначению, условиям изготовления и эксплуатации (потребления). В эту группу обязательно должна входить продукция, представляющая значительную часть общего объема продукции, производимой в стране и за рубежом, пользующаяся устойчивым спросом на внутреннем рынке и конкурентоспособная на международном рынке.

Существующие в настоящее время методы оценки уровня качества продукции можно классифицировать в соответствии с ГОСТ 15467-79 следующим образом:

- дифференциальный метод, основанный на использовании единичных показателей качества продукции;

- комплексный метод, основанный на использовании комплексных показателей качества продукции;

- смешанный метод, основанный на одновременном использовании единичных и комплексных показателей качества продукции.

Применение дифференциального метода позволяет установить, достигнут ли уровень базового образца в целом, по каким показателям он достигнут, а по каким нет и, наконец, какие показатели наиболее сильно отличаются от базовых.

В тех случаях, когда уровень качества продукции необходимо охарактеризовать комплексным (определяющим, интегральным) показателем, применяют комплексный метод оценки.

В случае, когда совокупность единичных показателей качества достаточно обширна и дифференциальный метод не позволяет сделать обобщающих выводов, а комплексный метод может недостаточно полно учесть все существенные свойства продукции, применяют смешанный метод. При реализации этого метода единичные показатели объединяют в группы, исходя из задач, стоящих перед оценкой, затем для каждой группы определяют комплексный показатель и на их основе оценивают уровень качества дифференциальным методом.

В тех случаях, когда для определения единичных или комплексных показателей качества невозможно или затруднительно использовать точные методы (например, измерительный или расчетный), оценка уровня качества производится экспертными методами, основанными на использовании обобщенного опыта и интуиции специалистов. С этой целью создаются экспертные комиссии и группы из высококвалифицированных специалистов (исследователей, технологов, конструкторов, дизайнеров и т.д.). При этом широко применяются балльные оценки показателей качества по пятибалльной, семибалльной и другим шкалам.

3 ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

3.1 Общие вопросы организации работ по оценке соответствия

3.1.1 Общие положения Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь (НСПС РБ)

Оценка соответствия продукции, услуг, систем управления качеством, персонала и других объектов оценки соответствия заданным требованиям может проводиться: первой стороной – проводит сам производитель, второй – проводит потребитель на оборудовании производителя и третьей – независимой от производителя и потребителя. При подтверждении соответствия наиболее достоверными являются результаты испытаний «третьей стороной»: лицом или органом, не зависящим ни от поставщика (производителя), ни от покупателя (потребителя). Тем не менее, НСПС РБ предусматривает применение не только сертификации с участием третьей, независимой стороны, но и декларирование соответствия продукции установленным требованиям изготовителем (поставщиком), что широко применяется в зарубежной практике.

Оценка соответствия – это деятельность по определению соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации (ТНПА). Виды соответствия приведены на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Виды соответствия

Оценка соответствия (испытания, измерения, подтверждение соответствия, аккредитация, контроль) – это инструмент, позволяющий государству в максимальной степени оградить промышленность и своих граждан от приобретения и потребления опасной и недоброкачественной продукции, создать условия для обеспечения свободного перемещения продукции на внутреннем и внешнем рынках, а также обеспечить участие республики в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле.

Подтверждение соответствия – это вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является документальное удостоверение соответствия объекта оценки соответствия требованиям ТНПА (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Подтверждение соответствия

Форма подтверждения соответствия – установленный порядок документального удостоверения соответствия объекта оценки соответствия требованиям ТНПА.

НСПС РБ – это установленная совокупность субъектов оценки соответствия, нормативных правовых актов и ТНПА, определяющих правила и процедуры подтверждения соответствия и функционирования системы в целом.

Целями НСПС РБ 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.

Общее руководство НСПС РБ, организацию и координацию работ по реализации целей Системы в соответствии с законодательством осуществляет Национальный орган по оценке соответствия РБ (сегодня это Госстандарт РБ).

Схемы сертификации, используемые в Системе, основываются на схемах, принятых в Международной организации по стандартизации (ИСО).

Схемы декларирования соответствия, используемые в Системе, учитывают принятый в Европейском союзе (ЕС) модульный подход по подтверждению соответствия.

Деятельность по подтверждению соответствия в Республике Беларусь основывается на Законах «Об оценке соответствия требованиям ТНПА», «О техническом нормировании и стандартизации», «О защите прав потребителей».

Системой предусматриваются следующие виды деятельности:

- сертификация продукции;
- декларирование соответствия продукции;
- сертификация услуг;
- сертификация СУК (систем менеджмента качества, систем качества на основе принципов анализа риска 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 (реестра Системы);
- ведение Государственного кадастра служебного и гражданского оружия и боеприпасов (кадастра).

Структура технических нормативных правовых актов НСПС РБ приведена на рисунке 3.3.

Юридическим лицам всех форм собственности и индивидуальным предпринимателям, подтвердившим соответствие своих продукции, услуг, систем управления установленным требованиям в рамках Системы, предоставляется право в установленном порядке маркировать знаками соответствия Системы продукцию, эксплуатационную и товаросопроводительную документацию, рекламные материалы.

Виды знаков соответствия, порядок применения, форма, размеры, технические требования к знакам соответствия Системы, правила маркировки установлены в ТКП 5.1.08-2004 [8].

Участниками подтверждения соответствия в Системе являются:

- Национальный орган по оценке соответствия РБ;
- аккредитованные органы по сертификации;
- аккредитованные испытательные лаборатории (центры);
- центры подготовки экспертов-аудиторов по качеству, уполномоченные Национальным органом по оценке соответствия Республики Беларусь (уполномоченные центры подготовки экспертов-аудиторов по качеству);
- организационно-методические центры по подтверждению соответствия, уполномоченные Национальным органом по оценке соответствия РБ;
- сертифицированные эксперты-аудиторы по качеству;

- сертифицированный персонал;
- изготовители (продавцы) продукции;
- исполнители услуг.

Требования Системы едины и обязательны для исполнения всеми субъектами оценки соответствия.

В рамках Системы предусмотрена ответственность за соблюдение конфиденциальности информации, получаемой в результате взаимодействия участников подтверждения соответствия, кроме случаев, когда продукция, услуга, деятельность персонала представляют опасность для жизни, здоровья и наследственности людей, имущества и окружающей среды. Такая продукция должна быть в соответствии с законодательством РБ исключена из обращения, а услуга и деятельность персонала запрещены.

Официальными языками НСПС РБ являются белорусский и русский. Все документы в рамках Системы оформляются на белорусском или русском языках.

Оплата работ по подтверждению соответствия осуществляется заявителем на подтверждение соответствия (заявителем) в соответствии с трудоемкостью выполнения работ, утвержденной Госстандартом.

3.2 Структура НСПС РБ и основные функции ее органов

Структуру НСПС РБ образуют:

- Национальный орган по оценке соответствия РБ;
- Совет Системы;
- Апелляционный совет Системы;
- аккредитованные органы по сертификации продукции, услуг, систем управления качеством, систем управления окружающей средой, персонала;
- организационно-методические центры по подтверждению соответствия;
- уполномоченные центры подготовки экспертов-аудиторов по качеству;
- штат экспертов-аудиторов по качеству.

Национальный орган по оценке соответствия РБ. Основными функциями Национального органа по оценке соответствия РБ являются:

- реализация единой государственной политики РБ в области подтверждения соответствия;
- участие в установленном порядке в разработке проектов законодательных и иных нормативных правовых актов по вопросам подтверждения соответствия;
- разработка принципов построения Системы;
- разработка и совершенствование основополагающих ТНПА Системы;
- организация, проведение и координация работ, обеспечивающих функционирование Системы;
- утверждение трудоемкости выполняемых работ по подтверждению соответствия;

- взаимодействие с государственными органами законодательной и исполнительной власти по вопросам подтверждения соответствия;
- представление РБ в международных и межгосударственных (региональных) организациях, занимающихся вопросами оценки соответствия;
- взаимодействие с национальными органами по оценке соответствия других стран и международными организациями по вопросам подтверждения соответствия;
- подготовка решений Правительства РБ о присоединении к международным системам подтверждения соответствия (сертификации) и подготовка межгосударственных соглашений по подтверждению соответствия;
- сертификация экспертов-аудиторов по качеству;
- заключение в пределах своих полномочий международных договоров межведомственного характера;
- регистрация организаций, занимающихся консалтинговой деятельностью в области управления качеством и подтверждения соответствия;
- организация проведения и повышения квалификации экспертов-аудиторов по качеству, специалистов органов по сертификации и организаций;
- утверждение учебных программ в области подтверждения соответствия и управления качеством;
- определение формы, содержания, срока действия документов о подтверждении соответствия, порядка их выдачи, регистрации, внесения в них изменений и (или) дополнений, приостановления, возобновления, отмены, прекращения, продления срока их действия;
- определение порядка признания документов о подтверждении соответствия и протоколов испытаний продукции, полученных за пределами РБ, за исключением случаев, когда порядок признания этих документов установлен международными договорами;
- разработка и утверждение перечня продукции, услуг, персонала и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в РБ, изменений и (или) дополнений к нему;
- установление номенклатуры показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия;
- осуществление инспекционного контроля за соответствием объектов оценки соответствия, прошедших подтверждение соответствия требованиям ТНПА;
- организация и проведение работ по подтверждению соответствия продукции, услуг, систем управления, персонала при отсутствии аккредитованного органа по сертификации;
- установление схем сертификации и декларирования соответствия, если в техническом регламенте такие схемы не установлены, либо технический регламент отсутствует;
- ведение Реестра Системы;

- ведение кадастра;
- рассмотрение жалоб и апелляций сторон, принимающих участие в подтверждении соответствия;
- пропаганда целей и задач подтверждения соответствия;
- информационное обеспечение в области подтверждения соответствия.

Национальный орган по оценке соответствия РБ обязан:

– обеспечивать реализацию единой государственной политики РБ в области подтверждения соответствия;

– осуществлять контроль за соблюдением порядка, правил и процедур подтверждения соответствия, установленных основополагающими документами Системы;

– обеспечивать объективность, компетентность, достоверность и беспристрастность проведения работ по подтверждению соответствия на всех уровнях Системы;

– совершенствовать и актуализировать основополагающие документы Системы, поддерживать ее в работоспособном состоянии.

Национальный орган по оценке соответствия имеет право:

– принимать решения по установлению дополнительных требований и изменению порядка, правил и процедур Системы;

– делегировать, при необходимости, организациям полномочия органов по сертификации продукции, услуг, систем управления и персонала;

– уполномочивать организационно-методические центры по подтверждению соответствия и центры подготовки экспертов-аудиторов по качеству;

– вносить в обоснованных случаях коррективы в принятые решения органов по сертификации продукции, услуг, систем управления и персонала;

– издавать указания по вопросам подтверждения соответствия, обязательные для исполнения всеми участниками подтверждения соответствия;

– принимать решения о присоединении РБ к международным и региональным системам подтверждения соответствия (сертификации) и признании органов по сертификации;

– подписывать соглашения с национальными органами по подтверждению соответствия (сертификации) других стран (государств) по вопросам подтверждения соответствия (сертификации);

– вносить в Правительство РБ предложения по изменению законодательных и других нормативных и правовых актов, касающихся подтверждения соответствия;

– приостанавливать либо запрещать деятельность в области подтверждения соответствия при нарушении правил Системы и реализацию продукции и услуг не соответствующих ТНПА, по которым подтверждено их соответствие;

– осуществлять взаимодействие с национальными органами по подтверждению соответствия других стран (государств), а также региональными и международными организациями по подтверждению соответствия;

Руководителем Национального органа по оценке соответствия РБ является Председатель Госстандарта.

Совет Системы. В Совет Системы входят руководители и специалисты Национального органа по оценке соответствия РБ, руководители организационно-методических центров по подтверждению соответствия и представители республиканских органов государственного управления.

Для участия в работе Совета Системы могут привлекаться руководители и специалисты республиканских органов государственного управления, органов по сертификации продукции, услуг, систем управления, персонала, представители изготовителей (продавцов) и других заинтересованных организаций.

Совет Системы действует на основе Положения, утвержденного руководителем Национального органа по оценке соответствия РБ. Периодичность заседаний не менее двух раз в год.

Основная функция – выработка рекомендаций по деятельности и развитию Системы.

Апелляционный Совет Системы. Состоит из руководителей и специалистов Национального органа по оценке соответствия РБ. Для участия в его работе могут привлекаться представители республиканских органов государственного управления, обществ потребителей и других заинтересованных организаций.

Возглавляет Апелляционный Совет руководитель подразделения Национального органа по оценке соответствия РБ, ведущий вопросы подтверждения соответствия. Заседания проводятся по мере необходимости.

Основная функция – рассмотрение поступивших в его адрес апелляций и принятие по ним обоснованных решений.

Аккредитованные органы по сертификации продукции, услуг, систем управления, персонала выполняют следующие основные функции каждый соответственно в своей области аккредитации:

- разработка и ведение организационно-методических документов, определяющих правила и процедуры подтверждения соответствия;
- подготовка перечня показателей, контролируемых при обязательном подтверждении соответствия и представление его на утверждение в Национальный орган по оценке соответствия РБ;
- предоставление заявителю информации о правилах и процедурах подтверждения соответствия;
- осуществление подтверждения соответствия согласно области аккредитации;
- выдача и регистрация сертификатов соответствия и представление информации в Национальный орган по оценке соответствия РБ;
- проведение работ по признанию сертификатов соответствия других систем подтверждения соответствия (сертификации);
- инспекционный контроль за сертифицированной продукцией, услугами, системами управления и персоналом соответственно;

– приостановление либо отмена в установленном порядке действия выданных им сертификатов соответствия в случае выявления несоответствия продукции, услуг, систем управления, персонала, на которые они выданы, требованиям ТНПА;

– взаимодействие с Национальным органом по оценке соответствия РБ, органами государственного надзора за стандартами и средствами измерений, органами по сертификации продукции, услуг, систем управления и аккредитованными испытательными лабораториями (центрами).

Организационно-методические центры по подтверждению соответствия назначаются Национальным органом по оценке соответствия РБ. Их основными функциями являются:

– разработка организационно-методических документов по подтверждению соответствия;

– разработка предложений в перечни продукции и услуг, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в закрепленной области деятельности, и представление в Национальный орган по оценке соответствия РБ;

– подготовка номенклатуры показателей, контролируемых при обязательном подтверждении соответствия в закрепленной области деятельности;

– оказание методической помощи по подтверждению соответствия в закрепленной области деятельности;

– разработка предложений по совершенствованию ТНПА, применяемых при подтверждении соответствия в закрепленной области деятельности;

взаимодействие с Национальным органом по оценке соответствия РБ, органами государственного надзора, органами по сертификации продукции, услуг, систем управления, персонала, аккредитованными испытательными лабораториями (центрами) и общественными организациями по вопросам подтверждения соответствия.

Уполномоченные центры подготовки экспертов-аудиторов по качеству выполняют следующие основные функции:

– разработка и ведение организационно-методических документов центра подготовки;

– разработка программ обучения и представление их на утверждение в Национальный орган по оценке соответствия РБ;

– организация и проведение подготовки экспертов-аудиторов по качеству;

– организация и проведение подготовки специалистов организаций по системам управления;

– организация и проведение повышения квалификации экспертов-аудиторов по качеству, специалистов органов по сертификации, организаций в области управления качеством и подтверждения соответствия.

Конкретные задачи, функции, обязанности, права и ответственность органов НСПС РБ определяются соответствующими документами Системы и организационно-методическими документами этих органов.