



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ**

Кафедра  
Инженерной  
кибернетики

## **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

Конспект лекций  
(для студентов всех форм обучения специальности  
5В070200 – Автоматизация и управление)

Алматы 2015

СОСТАВИТЕЛИ: С.Г. Хан. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством. Конспект лекций (для студентов всех форм обучения специальности 5В070200 - Автоматизация и управление).- Алматы: АУЭС, 2015.- 56 с.

Настоящий конспект лекций составлен на основании рабочей программы в помощь студентам при изучении теоретического материала по метрологии, стандартизации, сертификации и управлению качеством и включает одиннадцать тем. В конце каждой темы приведены ссылки на дополнительную литературу для более глубокого освоения предмета.

Электронные варианты лекционного материала размещены на серверах компьютерных классов кафедры «Инженерная кибернетика» и в электронной библиотеке АУЭС.

Конспект лекций предназначен для студентов специальности 5В070200 - Автоматизация и управление.

Ил.15, табл. 1, библиогр. – 12 назв.

Рецензент:

Печатается по плану издания некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2015 г.

## Содержание

Введение.....	4
1 Лекция №1. Введение. Метрология – научная основа Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).....	5
2 Лекция № 2. Основные виды и методы измерений.....	9
3 Лекция № 3. Погрешности измерений.....	13
4 Лекция №4. Погрешности измерений (продолжение).....	17
5 Лекция №5. Обработка результатов измерений.....	21
6 Лекция №6. Основные сведения о средствах измерений.....	26
7 Лекция №7. Основные метрологические характеристики средств измерений.....	30
8 Лекция №8. Основы стандартизации.....	34
9 Лекция №9. Международная стандартизация.....	38
10 Лекция №10. Основы подтверждения соответствия.....	42
11 Лекция №11. Управление качеством (основы квалиметрии).....	46
Приложение А Структурная схема АСУ ТП.....	50
Приложение Б Основные виды и методы измерений.....	51
Приложение В Классификация погрешностей измерений.....	52
Приложение Г Классификация средств измерений.....	53
Приложение Г Погрешностей средств измерений.....	54
Список литературы.....	56

## Введение

Одним из основных условий вступления Республики Казахстан во Всемирную торговую организацию (ВТО) является гармонизация национальной системы стандартизации, сертификации и метрологии с международными правилами. Современным специалистам необходимы достаточные знания в этой области для того, чтобы творчески использовать зарубежный опыт, принимать новые прогрессивные решения, позволяющие производить качественную конкурентоспособную продукцию.

Стандартизация, сертификация и метрология неразрывно связаны между собой, поэтому их изучение в одном учебном курсе дает более полное представление о важности каждого из этих направлений деятельности и их совокупности для становления рыночной экономики в стране, развития внешнеэкономической деятельности предприятий на современной цивилизованной основе, обеспечения условий, необходимых для присоединения страны к международным системам сертификации и вступления в ВТО, что положительно скажется непосредственно на экспортной деятельности предприятий (фирм).

Цель преподавания дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством» состоит в формировании у студентов того минимума знаний в области метрологии, стандартизации, сертификации и управления качеством, позволяющего в дальнейшем молодому специалисту совершенствоваться, самостоятельно принимать технические решения на международном, региональном и национальном уровнях, а также навыков применения методов и практических основ курса при расчете погрешностей средств измерений, суммарных погрешностей измерительных каналов и расчете эффективности стандартов.

Дисциплина «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством» изучается студентами специальности «Автоматизация и управление» на 2 курсе в пакете дисциплин по выбору. Тем не менее, знания материала данной дисциплины для будущих специалистов (бакалавров, инженеров) технического профиля, связанных с разработкой или обслуживанием различного оборудования или средств измерительной техники, на наш взгляд, является обязательными. Рабочая программа дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством» включает большой объем теоретического и практического материала. Однако ограниченность аудиторных часов не позволяет в полной мере изложить необходимую информацию, поэтому большая часть материала изучается студентами в рамках самостоятельной работы (СРСР).

Следует обратить внимание, что предлагаемое издание является лишь кратким конспектом лекций и не может содержать всех необходимых сведений. Электронный вариант конспекта лекций можно найти в электронной библиотеке АУЭС. Для успешного и всестороннего освоения материала следует воспользоваться и другими источниками.

## **1 Лекция №1. Введение. Метрология – научная основа Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ)**

**Содержание лекции:** роль дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством» в подготовке бакалавров по автоматизации и ее связь с другими дисциплинами; законодательная, фундаментальная и практическая метрология; Международная система единиц физических величин.

**Цель лекции:** изучить основные определения и понятия современной метрологии, основные статьи Закона «Об обеспечении единства измерений».

Казахстан вошел в рыночную экономику. Чтобы стать равноправным участником мирового хозяйства и международных экономических отношений, необходимо совершенствование национальной экономики с учетом мировых достижений и тенденций. Что тормозит интеграцию Казахстана в цивилизованное экономическое производство? Это:

- 1) отставание национальной системы стандартизации и сертификации;
- 2) обеспечение только единства измерений;
- 3) пережитки планового хозяйства СССР;
- 4) трудности отечественных предприятий в условиях современной конкуренции не только на внешних рынках, но и на внутреннем рынке.

В связи с тем, что невозможно механическое перенесение зарубежного опыта в условия отечественного производства, нашим специалистам необходимо знать его и иметь достаточно широкий кругозор, чтобы творчески подходить к выработке и принятию новых прогрессивных решений, позволяющих производить продукцию, услуги, которые можно реализовывать в стране или за рубежом на должном уровне. Для этого чрезвычайно важны знания в области метрологии, стандартизации и сертификации для специалистов не только производственной сферы, но и для специалистов по реализации продукции, менеджеров, маркетингов. Эти знания важны для внедрения достижений науки и техники в производство, чтобы использовать возможности и преимущества стандартизации и сертификации при создании конкурентоспособных изделий.

Необходимость знаний по метрологии, стандартизации и сертификации современным специалистам доказывается введением этой дисциплины в учебный план специальности. Для определения места данной дисциплины среди других дисциплин, изучаемых студентами специальности «Автоматизация и управление», рассмотрим структурную схему автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), приведенную в приложении А, с точки зрения изучения отдельных ее блоков различными дисциплинами.

На объект автоматизации (ОА), которым может быть любой участок технологического процесса, подаются сырье, реагенты, а также воздействуют различные внешние воздействия (ВВ), например, температура окружающей

среды, вибрация, давление и т.п. На выходе ОА получают различные продукты производства. Измерительную информацию об ОА для формирования процесса автоматизации получают с помощью средств измерений – датчиков (Д) и вторичных приборов (ВП). Современные производства характеризуются значительной сложностью и мощностью технологических аппаратов, большим числом различных параметров, которые необходимо снять (измерить). Измерения осуществляются с помощью специальных технических средств, различных по сложности и принципам действия, которые называются измерительными устройствами, установками, системами и относятся к измерительной технике. Изучению данной измерительной техники, их классификации, метрологических характеристик и различных свойств посвящается раздел метрологии. С изучением ЭВМ, программирования для разработки математических моделей (ММ) технологических процессов и объектов, АЦП, ЦАП, автоматических регуляторов (АР), исполнительных механизмов (ИМ) студенты встретятся в других дисциплинах таких, как информатика, математическое моделирование, элементы и средства автоматики, микропроцессоры и микропроцессорные системы, автоматизация технологических процессов и другие.

*Метрология* – научная основа Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности. «Метро» - мера (греч.), «логос» - учение (греч.).

Современная метрология включает в себя три вида:

- 1) законодательная метрология;
- 2) фундаментальная (научная) метрология;
- 3) практическая (прикладная) метрология.

*Законодательная метрология* – это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений.

Законодательная метрология служит средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу (ГМС) и метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц.

К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений (СИ), государственный метрологический контроль и надзор за СИ, а также мероприятия по реальному обеспечению единства измерений. Одна из основных задач метрологии – это обеспечение единства измерений. Эта задача может быть решена при соблюдении двух основополагающих условий:

- выражение результатов измерений в единых узаконенных единицах;

- установление допустимых погрешностей результатов измерений и пределов, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.

*Единство измерений* – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы.

Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставлять результаты измерений, выполненных различными измерительными устройствами в разных местах и в разное время. Причем сохранение единства измерений является важным как внутри страны, так и во взаимоотношениях между странами.

В 1993 году был принят Закон «Об обеспечении единства измерений» [11]. До 1993 года правовые нормы в области метрологии устанавливались постановлениями правительства. Закон «Об обеспечении единства измерений» установил немало нововведений – от терминологии до лицензирования метрологической деятельности.

Основные статьи Закона устанавливают:

- а) организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;
- б) нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- в) единицы величин и государственные эталоны единиц величин;
- г) средства и методики измерений.

*Фундаментальная и практическая метрологии* появились еще в древние времена. В Древней Руси основой системы мер были древнеегипетские единицы измерений, заимствованные в Древней Греции и Риме. Наименования единиц и их размеры соответствовали возможности осуществления измерений «подручными» способами, не прибегая к специальным устройствам. Так, на Руси единицами длины были в разное время:

- локоть (от сгиба локтя до конца среднего пальца руки);
- пядь (расстояние между концами большого и указательного пальца взрослого человека);
- аршин (его появление повлекло исчезновение пяди –  $\frac{1}{4}$  аршина);
- сажень ( русская мера = 3 локтя = 152 см);
- косая сажень = 248 см.

Указом Петра 1 русские меры длины были согласованы с английскими:

- дюйм («палец» = 2,54 см);
- английский фут = 12 дюймов = 30,48 см.

Первая метрическая система мер была введена во Франции в 1840 году. Ее значимость подчеркивал Д.И. Менделеев как средство содействия «будущему желанному сближению народов».

С развитием науки и техники требовались новые измерения и новые единицы измерения, что стимулировало развитие фундаментальной и прикладной метрологии. Первоначально прототип единиц измерения искали в природе, исследуя макрообъекты и их движение. Так, *секунда* – часть периода

обращения Земли вокруг своей оси. Постепенно поиски переместились на атомный и внутриатомный уровень. Теперь секунда – продолжительность 9192631770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома Цезия-133 при отсутствии возмущения со стороны внешних полей.

Таким образом, метрология, как наука, динамически развивается.

Дальнейшее развитие фундаментальной метрологии подтверждают определения единиц физических величин (ФВ), принятых в *Международной системе единиц физических величин (системе СИ)*, дающих представление о природном, естественном происхождении принятых единиц ФВ. Система единиц физических величин – это совокупность основных и производных единиц физических величин.

Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) в 1954 году определила шесть основных единиц ФВ для их использования в международных отношениях: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина, свеча.

В 1960 году XI ГКМВ утвердила Международную систему единиц физических величин (система СИ), которую приняли все крупнейшие международные организации по метрологии. В СССР эта система СИ была принята в 1993 году. Основные единицы ФВ системы СИ:

а) *единица длины – метр* – длина пути, которую проходит свет в вакууме за  $1/299792458$  долю секунды;

б) *единица массы – килограмм* – масса, равная массе международного прототипа килограмма;

в) *единица времени – секунда* – (определение, приведенное выше в лекции №1);

г) *единица силы электрического тока – ампер* – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины;

д) *единица термодинамической температуры – градус Кельвина* –  $1/273,16$  часть термодинамической температуры тройной точки воды (допускается применение шкалы Цельсия);

е) *единица количества вещества – моль* – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода 12 массой 0,012 кг;

ж) *единица силы света – кандела* – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила которого в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср<sup>2</sup>. Стерadian - ср - единица измерения телесного (пространственного) угла.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-6].



## 2 Лекция № 2. Основные виды и методы измерений

**Содержание лекции:** основные сведения об измерениях; основное уравнение измерений; классификация измерений; классификация методов измерений.

**Цель лекции:** изучить определения и понятия измерений, различные виды и методы измерений.

*Измерение* - процесс получения опытным путем числового соотношения между измеряемой величиной и некоторым ее значением, принятым за единицу сравнения.

Число, выражающее отношение измеряемой величины к единице измерения, называется *числовым значением измеряемой величины*. Причем оно может быть целым или дробным, но является отвлеченным числом. Значение величины, принятое за единицу измерения, называется *размером* этой единицы.

Тогда *основное уравнение измерений* можно записать в следующем виде:

$$X = A \cdot u, \quad (2.1)$$

где  $X$  – измеряемая величина;

$A$  – числовое значение измеряемой величины;

$u$  – единица измерения.

Значение  $A$  зависит от размера выбранной единицы измерения  $u$ . Например,  $X=1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 10 \text{ дм}$ .

Результат всякого измерения является *именованным* числом.

Измерения обычно осуществляются на объектах измерения. *Объект измерения* (ОИ) – это физическая величина. *Физическая величина* (ФВ) - одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов и индивидуальным в количественном отношении для каждого. Примеры физических величин: температура, удельный вес, плотность, длина и другие. *Размер физической величины* – количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию «физическая величина». *Размер единицы физической величины*, вообще говоря, может быть любым. Однако измерения должны выполняться в общепринятых единицах (лекция №1, Международная система СИ).

Физическую величину, выбранную для измерения, называют *измеряемой величиной*. *Средство измерения* (СИ) – техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики (рисунок 2.1).

*Влияющая физическая величина* (ВФВ) – физическая величина, не являющаяся измеряемой данным СИ, но оказывающая влияние на результат

измерения этим средством (температура окружающей среды, влажность воздуха, электромагнитное поле, вибрации и т. д.)

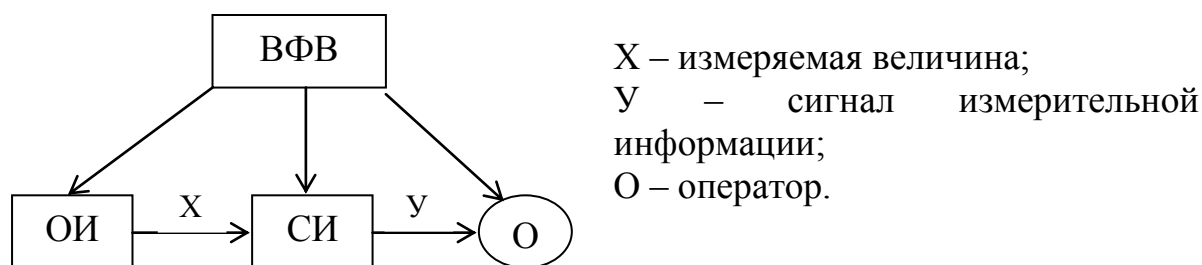


Рисунок 2.1 - Схема процесса измерения

*Результат измерения* – это значение физической величины, найденное путем ее измерения.

Различают:

а) *истинное значение физической величины* – значение физической величины, которое реальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта. В философском аспекте истинное значение всегда неизвестно. Совершенствование измерений позволяет приближаться к истинному значению физической величины;

б) *действительное значение физической величины* – значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него, определяется опытным путем с помощью образцового средства измерений.

Чтобы составить представление о выполненном или предполагаемом измерении, необходимо знать его основные характеристики (принцип измерения, метод измерения и погрешность (иногда точность) измерения).

*Принцип измерения* – совокупность физических явлений, на которых основано измерение.

*Метод измерения* – совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

Несовершенство изготовления СИ, неточность их градуировки, действие ВФВ, субъективной ошибки человека и ряд других факторов являются причинами, обуславливающими неизбежное появление погрешности измерения.

*Погрешность измерения* – отклонение результата измерения  $X_{изм}$  от действительного (истинного) значения  $X_{дейст}$  измеряемой величины:

$$\Delta = X_{изм} - X_{дейст}. \quad (2.2)$$

*Точность измерений* характеризует степень приближения погрешности измерений к нулю, то есть приближения полученного при измерении значения к истинному значению измеряемой величины.

Количественно точность может быть выражена:

$$\varepsilon = \left| \frac{X_{ист}}{\Delta} \right|. \quad (2.3)$$

При определении погрешностей и точности вместо истинного значения физической величины  $X_{ист}$  реально может быть использовано ее действительное значение.

*Классификация измерений* приведена в приложении Б (рисунок Б.1). По пятому классификационному признаку – по способу получения результата измерения – различают следующие виды измерений.

*Прямые измерения* - измерения, при которых искомое значение величины находится непосредственно из опытных данных:

$$Y = X, \quad (2.4)$$

где  $Y$  – искомое значение;

$X$  – непосредственно полученное из опытных данных.

Это измерения при помощи приборов, градуированных в установленных единицах.

*Примеры* - 1 Измерение тока амперметром.

2 Измерение температуры – термометром.

*Косвенные измерения* – измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (2.5)$$

где  $x_m$  – определяют в ходе прямых измерений.

*Примеры* - 1 Плотность - по массе и объему тела.

2 Сопротивление - по напряжению и току и т. д.

*Совокупные (совместные) измерения* – измерения, при которых искомые значения разноименных величин определяются путем решения системы уравнений, связывающих значения искомых величин с непосредственно измеренными величинами, т. е. путем решения системы уравнений:

$$\begin{aligned} F_1(Y_1, Y_2, \dots, X_1^1, X_2^1, \dots, X_m^1) &= 0; \\ F_2(Y_1, Y_2, \dots, X_1^2, X_2^2, \dots, X_m^2) &= 0; \\ &\dots\dots\dots \\ F_m(Y_1, Y_2, \dots, X_1^m, X_2^m, \dots, X_m^m) &= 0, \end{aligned} \quad (2.6)$$

где  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$  – искомые величины;

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$  – непосредственно измерения.

В зависимости от назначения и от предъявляемой к ним точности измерения подразделяются на лабораторные (точные) и технические.

*Лабораторные (точные) измерения* – это такие измерения, которые, как правило, выполняются многократно повторяемыми и с помощью средств измерений повышенной точности.

*Технические измерения* – это измерения, выполняемые однократно с помощью рабочих (технических) средств измерений, градуированных в соответствующих единицах.

При выполнении теплотехнических измерений широко применяются методы измерений, классификация которых представлена в приложении Б (рисунок Б.2).

*Мера* – СИ, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Классификационным признаком является наличие или отсутствие при измерении меры.

*Метод непосредственной оценки (МНО)* – отсутствие меры – метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия.

*Пример* - Взвешивание груза на пружинных весах,  $t^0$  – термометром.

Для повышения точности измерений, в частности линейных, применяют метод отсчета по шкале и нониусу (вспомогательной шкале). Этот метод характеризуется использованием совпадения отметок шкал (основной и вспомогательной).

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

В зависимости от наличия или отсутствия при сравнении разности между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, различают нулевой и дифференциальный.

*Нулевой метод* – это МСМ, в котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля.

*Пример* - Взвешивание груза на равноплечих весах, когда масса груза определяется массой гирь, уравновешивающих груз.

*Дифференциальный метод* – это МСМ, в котором на измерительный прибор воздействует разность между измеряемой величиной и известной, воспроизводимой мерой. Измеряется разность.

*Пример* - Взвешивание груза на равноплечих стрелочных весах при неполном противопоставлении воздействия груза и гири на пружину весов, что отмечается стрелкой прибора на шкале.

а) метод противопоставления – МСМ, в котором измеренная величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устраняется соотношение между этими величинами;

б) метод замещения – МСМ, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой;

в) метод совпадений – МСМ, в котором разность между измеренной величиной и величиной, воспроизводимой мерой, *измеряют, используя совпадение отметок шкал* или периодических сигналов.

Дифференциальный метод возможен только при наличии высокоточной меры, близкой по значению к измеряемой величине.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-5,8,9].

### 3 Лекция № 3. Погрешности измерений

**Содержание лекции:** классификация погрешностей измерений; случайные и систематические погрешности; законы распределения случайной величины.

**Цель лекции:** изучить основные определения различных видов погрешностей измерений, основные характеристики законов распределения случайной величины, оценки основных характеристик ряда наблюдений.

В зависимости от причин возникновения, характера изменений и условий проявления различают погрешности измерений, классификация которых представлена в приложении В на рисунке В.1.

В зависимости от *характера их проявления* различают погрешности случайные и систематические.

*Случайные погрешности* – погрешности, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Значение и знак случайной погрешности определить невозможно. Для учета случайной погрешности проводят многократные (статистические) измерения. Оценивая случайную погрешность, говорят об *ожидаемой погрешности*. *Грубая погрешность* – это случайная погрешность, существенно превышающая ожидаемую погрешность при данных условиях. *Промех* – погрешность, которая явно искажает результат измерения. За промах принимают случайную субъективную погрешность экспериментатора. Грубые погрешности и промахи обычно исключаются из экспериментальных данных до начала статистической обработки результатов наблюдений.

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

Если систематическая погрешность известна, т.е. имеет определенное значение и знак, то она может быть исключена путем внесения *поправки по окончании измерения*. Если известна причина (*источник*) систематической погрешности, то ее необходимо *устранить до начала измерения*.

*По причине возникновения* систематические погрешности подразделяются на: погрешность метода измерений, инструментальную погрешность, погрешность установки, субъективную погрешность и методическую погрешность.

*Погрешность метода измерений* (теоретическая погрешность) – это погрешность несовершенства метода измерений. В основном это несовершенство принципа измерения, недостаточная изученность явления, положенного в основу измерения. *Инструментальная погрешность* (погрешность инструмента) – это погрешность, зависящая от погрешностей применяемых средств измерений (несовершенство конструкции, технологии изготовления средства измерения, постепенный их износ и старение материалов). *Погрешность установки* – погрешность, обусловленная неправильной установкой средства измерения. *Методическая погрешность* – погрешность, обусловленная методикой измерения величины и не зависит от точности применяемых средств измерений. *Субъективная погрешность* – погрешность, обусловленная индивидуальными особенностями наблюдателя.

*По характеру проявления* систематические погрешности подразделяются на постоянные и переменные.

*Постоянные систематические погрешности* не изменяют своего значения при повторных измерениях.

*Пример - Неправильная градуировка средства измерения, неправильная установка начала отсчета и т.п.*

*Переменные систематические погрешности* при повторных измерениях принимают различные значения в соответствии с известными закономерностями. Если погрешность возрастает или убывает при повторных измерениях, то это *прогрессивная* систематическая погрешность. *Периодическая* систематическая погрешность может меняться по периодическому или сложному закону. Причины появления периодической систематической погрешности – действие внешних факторов и особенности конструкций средств измерения.

Результат измерения всегда содержит систематическую ( $\theta$ ) и случайную ( $\psi$ ) погрешности:

$$\Delta = \theta + \psi. \quad (3.1)$$

Поэтому в общем случае погрешность результата измерения ( $\Delta$ ) нужно рассматривать как случайную величину, тогда систематическая погрешность есть МО этой величины, а случайная погрешность – центрированная случайная величина.

### **3.1 Законы распределения случайной величины**

Полным описанием случайной величины является ее закон распределения, а, следовательно, и случайная погрешность  $\psi$ , и погрешности  $\Delta$ .

Существуют различные законы распределения. В практике измерений наиболее распространенным законом распределения погрешности является *нормальный закон* (Гаусса).

Формула плотности вероятности нормального закона распределения:

$$W(\delta) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.2)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;

$\delta$  – случайная погрешность.

График нормального закона распределения случайной величины приведен на рисунке 3.1.

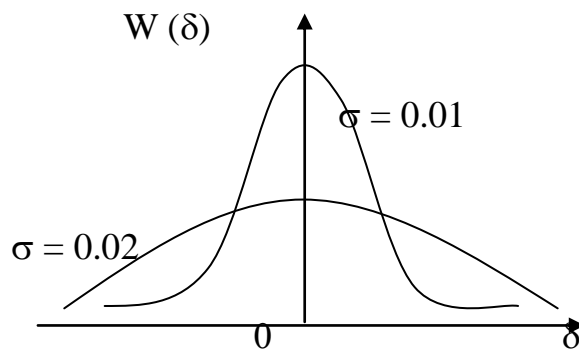


Рисунок 3.1 – График нормального закона распределения

Чем меньше  $\sigma$ , тем точнее выполнены измерения (чаще встречаются малые случайные погрешности).

Сравнительно часто встречается равномерный закон распределения случайной величины, график которого представлен на рисунке 3.2.

Формула плотности вероятности равномерного закона распределения:

$$W(\delta) = \begin{cases} 0, & \delta < -\frac{\sigma}{2} \text{ и } \delta > \frac{\sigma}{2} \\ \frac{1}{\sigma}, & -\frac{\sigma}{2} \leq \delta \leq \frac{\sigma}{2} \end{cases}, \quad (3.3)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;

$\delta$  – случайная погрешность.

В пределах некоторых границ значения измеряемой величины могут быть различными, но равновероятными.

Другие законы распределения приведены в ГОСТ 8.011 – 72 «Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений».

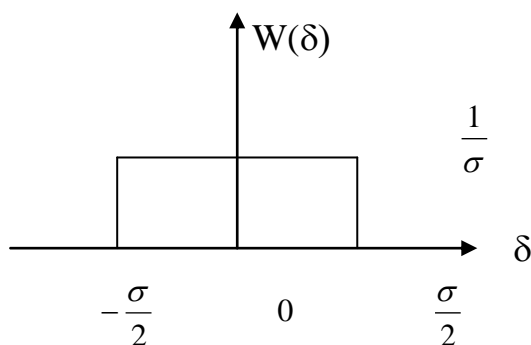


Рисунок 3.2 – График равномерного закона распределения

### 3.2 Основные характеристики законов распределения

*Математическое ожидание ряда наблюдений (МО)* – величина, относительно которой рассеиваются результаты отдельных наблюдений.

Если систематические погрешности отсутствуют и разброс результатов отдельных измерений обусловлен только случайными погрешностями, то математическое ожидание такого ряда наблюдений будет истинное значение измеряемой величины.

Если  $\Delta = \theta + \psi$ , то математическое ожидание такого ряда наблюдений будет смещено от истинного значения измеряемой величины на значение систематической погрешности.

*Дисперсия ряда наблюдений (Д)* характеризует степень рассеивания (разброса) результатов отдельных наблюдений вокруг математического ожидания. Чем меньше дисперсия, тем меньше разброс отдельных результатов, тем точнее выполнены измерения. Таким образом, дисперсия может служить характеристикой точности проведенных измерений.

*Среднее квадратическое отклонение ряда наблюдений S*. Поскольку единицей измерения дисперсии является квадрат измеряемой величины, то для оценки точности используется величина, равная корню квадратному из дисперсии и называемая среднее квадратическое отклонение.

### 3.3 Оценки основных характеристик ряда наблюдений

Из теории вероятности известно, что оценкой математического ожидания является *среднее арифметическое* результатов отдельных наблюдений  $\bar{X}$ :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.4)$$

где  $x_i$  - i-й результат наблюдения;

$n$  - число результатов наблюдений.

*Оценка дисперсии* ряда наблюдений  $S^2$  рассчитывается по формуле:



$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2. \quad (3.5)$$

Среднее квадратическое отклонение ряда наблюдений  $S$  является основной характеристикой размера случайных погрешностей результатов наблюдений. Формула для расчета *оценки среднего квадратического отклонения  $\sigma$* :

$$\sigma = \pm \sqrt{S^2}, \quad (3.6)$$

при  $n \rightarrow \infty$  (практически при  $n > 30$ ),  $S^2 \rightarrow D$ ,  $S \rightarrow \sigma$ .

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-5,8,9].

#### 4 Лекция №4. Погрешности измерений (продолжение)

**Содержание лекции:** оценка и учет погрешностей при точных и технических измерениях, аксиомы случайности и распределения; вероятностные оценки погрешности результата измерений на основании ряда наблюдений, методы повышения точности измерений и средств измерений.

**Цель лекции:** изучить вероятностные оценки погрешности результата измерений на основании ряда наблюдений: доверительные границы, доверительный интервал и доверительная вероятность; методы уменьшения случайных и систематических погрешностей измерений, методы повышения точности СИ.

##### 4.1 Оценка и учет погрешностей при точных измерениях

Точные измерения должны проводиться так, чтобы не было систематических погрешностей. Теория случайных погрешностей базируется на двух аксиомах, основывающихся на опытных данных.

*Аксиома случайности:* при очень большом числе измерений случайные погрешности, равные по величине, но разные по знаку, встречаются одинаково часто: число отрицательных погрешностей равно числу положительных.

*Аксиома распределения:* малые погрешности случаются чаще, чем большие; очень большие погрешности не встречаются.

Полным описанием случайной величины, а следовательно и случайной погрешности, является закон распределения. Существуют различные *законы распределения случайной величины*. В практике измерений наиболее распространенными законами распределения случайных погрешностей являются нормальный и равномерный законы распределения.

4.1.1 Вероятностные оценки погрешности результата измерений на основании ряда наблюдений.

Цель обработки результатов наблюдений – это установление действительного значения измеряемой величины, которое может быть

принято вместо истинного значения измеряемой величины, и степени близости действительного значения к истинному.

Действительное значение неизбежно содержит случайную погрешность. Поэтому степень близости действительного значения к истинному значению нужно оценивать с позиции теории вероятности. Такой оценкой является *доверительный интервал*. Доверительный интервал случайной погрешности – это интервал, в который с заданной доверительной вероятностью попадают значения случайной погрешности. Доверительный интервал может быть установлен, если известны закон распределения случайной погрешности и характеристики этого закона (лекция 3). Согласно ГОСТ 8.011 – 72, доверительный интервал – одна из основных форм выражения точности измерений. ГОСТ устанавливает следующую форму представления результата измерения:

$$\bar{X}; \Delta \text{ от } \Delta_n \text{ до } \Delta_k; P, \quad (4.1)$$

где  $\bar{X}$  – результат измерения (среднее арифметическое значение);

$\Delta$ ,  $\Delta_n$ ,  $\Delta_k$  – абсолютная погрешность измерения с нижней и верхней границами;

$P$  – доверительная вероятность, с которой погрешность находится в этих границах.

В теории вероятностей доказано, что для нормального закона распределения случайной погрешности, величина  $\frac{\bar{X} - X_{изм}}{\sigma}$  есть случайная величина  $Z_p$ , распределенная по нормальному закону с МО = 0 и Д = 1; а величина  $\frac{\bar{X} - X_{изм}}{S}$  есть случайная величина  $t_p$ , распределенная по закону Стьюдента. Для  $Z_p$  и  $t_p$  существуют таблицы, по которым можно найти их значения, определяющие с доверительной вероятностью  $P$  границы доверительного интервала  $\Delta_n$ ,  $\Delta_k$  для  $Z_p$  и  $t_p$  соответственно.

При  $n \rightarrow \infty$ ,  $S \rightarrow \sigma$ , т.е. с увеличением числа наблюдений  $n$  закон распределения Стьюдента приближается к нормальному. (Практически уже при  $n > 30$   $t_p$  становится равным  $Z_p$ ).

В практике измерений применяют различные значения доверительной вероятности  $P = 0,90; 0,95; 0,98; 0,99; 0,9973$  и  $0,999$ .

При нормальном законе распределения случайной погрешности часто пользуются доверительным интервалом от  $+3\sigma$  до  $-3\sigma$  с доверительной вероятностью  $0,9973$ . Данная доверительная вероятность означает, что в среднем из 370 случайных погрешностей только одна будет превышать значение  $= 3\sigma$ . Так как на практике число отдельных измерений редко больше нескольких десятков, то применяется «закон трех сигм»: все возможные случайные погрешности измерения, распределенные по нормальному закону, практически не превышают по абсолютному значению  $3\sigma$ .

Конечная цель анализа выполненных измерений состоит в определении *погрешности результата наблюдения* ряда значений измеряемой величины  $X_1, \dots, X_n$ , *погрешности их среднего арифметического значения*, принимаемого за окончательный результат измерения, относительной частоты погрешностей и вероятности.

#### 4.1.2 Оценка погрешности (точности) результата наблюдения.

Оценкой точности результата наблюдения служит среднее квадратическое отклонение результата наблюдения -  $\sigma$  (лекция №3). Для получения полного представления о точности и надежности оценки случайного отклонения результата наблюдения должны быть указаны доверительные границы, доверительный интервал и доверительная вероятность. При известном  $\sigma$  доверительные границы указываются следующим образом: нижняя граница  $(-\sigma)$ , верхняя граница  $(+\sigma)$  (сокращенно  $\pm \sigma$ ), за пределы которых с вероятностью  $P=0,683$  (или 68,3%) не выйдут значения случайных отклонений  $(x_i - \bar{X})$ . Доверительный интервал выражается в виде  $I_p = (\bar{X} - \sigma; \bar{X} + \sigma)$ . В зависимости от целей измерения могут задаваться и другие доверительные границы  $\Delta = \pm k\sigma$ , а доверительный интервал погрешности результата наблюдений:

$$I_p = (\bar{X} - k\sigma; \bar{X} + k\sigma), \quad (4.2)$$

где  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение результата наблюдения;

$k$  - квантильный множитель, значение которого зависит от выбранного закона распределения случайной погрешности.

Так для равномерного закона распределения  $k = \sqrt{3}$  и не зависит от доверительной вероятности. Для нормального закона распределения  $k$  зависит от значения доверительной вероятности ( $P$ ) и количества выборочных значений ( $n$ ): значения  $k = Z_p$  при  $n > 30$ ;  $k = t_p$  при  $n < 30$  (закон Стьюдента). Значения  $k$  для наиболее употребительных доверительных вероятностей  $P$  и различных  $n$  приведены в таблице А.6 [6].

#### 4.1.3 Оценка погрешности (точности) результата измерения.

Результат измерения принимается равным среднему арифметическому значению  $\bar{X}$ . Согласно теории погрешностей, оценка среднего квадратического отклонения результата измерения  $\sigma_x$  в  $\sqrt{n}$  раз меньше оценки среднего квадратического отклонения результата наблюдений:

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (4.3)$$

Доверительный интервал погрешности результата измерений:

$$I_p = (\bar{X} - k\sigma_x; \bar{X} + k\sigma_x), \quad (4.4)$$

где  $k$  - имеет тот же смысл, что в формуле (4.2);

$\sigma_{\bar{x}}$  - среднее квадратическое отклонение результата измерения.

## 4.2 Оценка и учет погрешностей при технических измерениях

*Технические измерения* – измерения практически постоянных величин, выполняемых *однократно* с помощью рабочих средств измерений.

Случайные погрешности в большинстве случаев не являются определяющими точность измерения, поэтому отпадает необходимость многократных измерений. За результат однократного измерения принимают показания средства измерения. Результирующая погрешность однократного измерения при применении измерительного показывающего прибора прямого действия может быть оценена приближенной максимальной (или предельной) погрешностью, определяемой по формуле:

$$\delta_n = \pm(\delta_{осн} + \delta_{доп} + \delta_m), \quad (4.5)$$

где  $\delta_{осн}$  - пределы допускаемой основной погрешности применяемого измерительного прибора при его эксплуатации в нормальной области значений влияющих величин (НУ), %;

$\delta_m$  - методическая погрешность, % ;

$\delta_{доп}$  - пределы допускаемых дополнительных погрешностей измерительного прибора, %, определяемые отклонением влияющих величин за пределы, установленные для их нормальных значений или для нормальной области значений, согласно формуле:

$$\delta_{доп} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{доп\ i}^2}, \quad (4.6)$$

где  $\delta_{доп\ i}$  - значение предела допускаемой дополнительной погрешности СИ, вызванное отклонением  $i$ -ой влияющей величины, %.

Чтобы точность технических измерений определялась только значением  $\delta_{осн}$ , необходимо исключить  $\delta_{доп}$  и  $\delta_m$ . Для этого нужно обеспечить правильную и тщательную установку СИ, создать условия работы, близкие к нормальным условиям (НУ).

## 4.3 Методы повышения точности измерений и средств измерений

### 4.3.1 Методы уменьшения случайной погрешности измерений:

а) метод многократных измерений; увеличивая число измерений  $n$ , теоретически можно сделать оценку  $\sigma_x$ , согласно (4.3), которая определяет собой случайную погрешность, сколь угодно малой;

б) метод многоканальных измерений (использование параллельных измерений одной и той же физической величины); для этого необходимо

использовать сразу несколько СИ и результаты наблюдений обрабатывать совместно.

4.3.2 Методы уменьшения систематической погрешности измерений:

а) устранение источников систематической погрешности до начала измерений;

б) методы исключения систематических погрешностей путем введения поправок по окончании измерений;

в) использование более точных СИ.

4.3.3 Методы повышения точности СИ: используются рассмотренные выше методы увеличения точности измерений:

а) метод многократных измерений;

б) метод многоканальных измерений;

в) метод параметрической стабилизации (конструкторско-технологический метод), который состоит в стабилизации статической характеристики СИ; параметрическая стабилизация реализуется путем изготовления СИ из точных и стабильных элементов, термостабилизации, экранировки СИ от магнитных и электрических полей и т.п.; данный метод уменьшает систематическую и случайную погрешности СИ;

г) структурные методы, которые основаны на том, что в состав СИ включаются дополнительные узлы, элементы и меры, обеспечивающие повышение точности этих СИ за счет информации, полученной с их помощью.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-5,8,9].

## **5 Лекция №5. Обработка результатов измерений**

**Содержание лекции:** погрешности прямых и косвенных однократных и многократных измерений; неопределенность результата измерений.

**Цель лекции:** изучить методики обработки результатов прямых и косвенных однократных измерений и статистическую обработку прямых измерений с многократными наблюдениями.

### **5.1 Обработка результатов прямых однократных измерений**

Подавляющее большинство технических измерений являются однократными. В обычных производственных условиях их точность может быть вполне приемлемой, а простота, высокая производительность (количество измерений в единицу времени) и низкая стоимость ставят однократное измерение вне конкуренции с любыми другими.

При однократных измерениях для получения результата измерения используется одно - единственное значение отсчета показаний прибора. Будучи по сути дела случайным, однократный отсчет  $x$  включает в себя инструментальную, методическую и субъективную составляющие погрешности измерения, в каждой из которых могут быть выделены систематические и случайные составляющие.

Сравнительно легко, путем поверки или по паспортным данным может быть получена оценка систематической погрешности прибора, а анализом метода измерения - оценка систематической погрешности методического происхождения. При наличии в документации на прибор сведений о дополнительных систематических погрешностях, обусловленных влияющими величинами, эти погрешности также оцениваются и учитываются.

За результат однократного измерения принимают показания средства измерения. Точность результата прямого измерения при применении измерительного показывающего прибора прямого действия может быть оценена приближенной максимальной (или предельной) погрешностью, определяемой по формуле (4.5).

При проведении однократных измерений всегда стремятся поддерживать нормальные условия эксплуатации и выбрать такой способ измерений, чтобы методическая погрешность и субъективные погрешности оказывали минимальное воздействие на результат. Субъективные погрешности при измерениях предполагаются малыми и их не учитывают.

Если однократное измерение правильно организовано, то для представления результатов измерений достаточно, как правило, сведений о показании средства измерений и пределах его допускаемой основной погрешности, для определения которой используется такая метрологическая характеристика, как *класс точности средства измерений*.

Формулы вычисления *пределов основной погрешности средств измерений* и примеры обозначения для них классов точности приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Формулы для вычисления предела основной погрешности

Формула для вычисления предела основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Примеры обозначения класса точности средства измерений Общий вид      пример
$\gamma_{np} = \frac{\Delta x}{X_N} 100\% = \pm P$	$\pm P$	P                      2,5
$\delta_{omn} = \frac{\Delta x}{X} 100\% = \pm q$	$\pm q$	$\bigcirc q$ $\bigcirc 2$
$\delta_{omn} = \frac{\Delta x}{X} 100\% = \pm \left[ c + d \left( \left  \frac{X_K}{X} \right  - 1 \right) \right]$	$\pm \left[ c + d \left( \left  \frac{X_K}{X} \right  - 1 \right) \right]$	$\frac{c}{d}$ 0,02/0,01

Общую схему оценивания погрешностей можно представить следующим образом. Выбрав, исходя из условий измерительной задачи,

необходимое средство измерения (прибор), уточняют условия измерения (нормальные, рабочие) и оценивают возможные дополнительные погрешности прибора, возникающие от воздействия влияющих величин.

В результате для оценивания погрешности измерения имеем сведения о погрешностях средства измерения:

- предел допускаемой основной погрешности прибора  $\delta_{осн}$ ;
- дополнительные погрешности  $\delta_{доп\ 1}, \delta_{доп\ 2}, \dots, \delta_{доп\ m}$ .

Таким образом, задача сводится к суммированию этих составляющих погрешности по формуле (4.5).

## 5.2 Оценка точности косвенных измерений

*Косвенные измерения* – измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m), \quad (5.1)$$

где  $x_i$  – определяют в ходе прямых измерений.

Если величины  $x_i$  независимы, то зависимость погрешности результата измерения от погрешности исходных величин выражается формулами:

а) абсолютной погрешности

$$\Delta y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2}, \quad (5.2)$$

б) относительной погрешности

$$\delta_y = \pm \frac{\Delta y}{y} 100 = \pm 100 \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \ln f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2}. \quad (5.3)$$

Особенностью метода частных производных для расчета результирующей погрешности результата косвенных измерений является то, что он правомерен только для абсолютных погрешностей (5.2). Правила определения погрешности результата косвенного измерения распространяются не только на сумму и произведение результатов измерений, но и на их разность и отношение. Если погрешности рассматриваются как случайные и не являются взаимно коррелированными, то получаемые при дифференцировании знаки производных не должны учитываться при суммировании составляющих.

## 5.3 Статистическая обработка прямых измерений с многократными наблюдениями

Главной особенностью измерительного эксперимента, проводимого с

использованием статистической обработки полученных данных, является получение и использование большого объема апостериорной измерительной информации. Рассмотрим группу из  $n$  независимых результатов наблюдений случайной величины  $x$ , подчиняющейся нормальному распределению. Оценка рассеяния единичных результатов наблюдений в группе относительно среднего их значения  $\bar{X}$  вычисляется по формуле 3.4.

Поскольку число наблюдений в группе, на основании которых вычислено среднее арифметическое  $\bar{X}$ , ограничено, то, повторив заново серию наблюдений этой же величины, мы получили бы новое значение среднего арифметического. Повторив многократно серии наблюдений и вычисляя каждый раз их среднее арифметическое значение, принимаемое за результат измерения, мы убедимся в *рассеянии средних арифметических значений*. Характеристикой этого рассеяния является среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\sigma_{\bar{X}}$  (формула (3.6)). Среднее квадратическое отклонение  $\sigma_{\bar{X}}$  используется для оценки погрешности результата измерений с многократными наблюдениями.

Теория показывает, что если рассеяние результатов наблюдений в группе подчиняется нормальному закону, то и их среднее арифметическое тоже подчиняется нормальному закону распределения при достаточно большом числе наблюдений ( $n > 50$ ). Отсюда следует, что *при одинаковой доверительной вероятности, доверительный интервал среднего арифметического в  $\sqrt{n}$  раз уже доверительного интервала результата наблюдений*. Теоретически при  $n \rightarrow \infty$  случайную погрешность результата измерения можно было бы свести к нулю. Однако это невозможно, и стремиться беспрестанно уменьшать случайную погрешность результата измерения не имеет смысла, так как рано или поздно определяющим становится не рассеяние среднего арифметического, а недостоверность поправок на систематическую погрешность (*неисключенная систематическая погрешность*).

Правила обработки результатов измерения с многократными наблюдениями учитывают следующие факторы: обрабатывается ограниченная группа из  $n$  наблюдений; результаты наблюдений  $x_i$  могут содержать систематическую погрешность; в группе наблюдений могут встречаться грубые погрешности; распределение случайных погрешностей может отличаться от нормального. При этом могут быть использованы различные процедуры обработки результатов наблюдений.

Обработку ряда наблюдений следует выполнять в соответствии с методикой по ГОСТ 8.207-76 «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений».

При выполнении этой последовательности действий руководствуются следующими правилами:



- проверку гипотезы о принадлежности результатов наблюдений нормальному распределению проводят с уровнем значимости  $\alpha$ , выбираемым в диапазоне от 0.02 до 0.1;
- при определении доверительных границ погрешности результата измерения доверительную вероятность  $P$  принимают равной 0.95.

#### **5.4 Международные рекомендации по оцениванию неопределенности результата измерения**

В 1978 г., декларируя отсутствие международного единства в вопросах оценивания качества результатов измерений, Международному комитету мер и весов сообществом метрологов было поручено разработать согласованные рекомендации по этому вопросу, основанные на нетрадиционных подходах к оцениванию погрешности. Работа по созданию рекомендаций завершилась выпуском в 1986 г. «Руководства по выражению неопределенности измерения». Основные положения «Руководства» заключаются в следующем:

- понятие «погрешность измерения» заменено понятием «*неопределенность измерения*»;
- введены понятия *неопределенности типа A* и *типа B*;
- количественно неопределенности типа A и B и результат измерения оцениваются посредством «стандартного отклонения» (среднего квадратического отклонения).

Понятие «*неопределенность измерений*» определяется как «параметр, связанный с результатом измерения, который характеризует дисперсию значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине».

*Оценивание по типу A* осуществляют путем статистического анализа серий наблюдений и значения стандартных неопределенностей получают из функции плотности вероятности, полученного из наблюдаемого распределения.

Для *оценивания по типу B* используют:

- данные предварительных измерений;
- данные, полученные в результате опыта, или общие знания о поведении свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификация изготовителя;
- данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и в других сертификатах;
- неопределенности, приписываемые справочным данным, взятым из справочников.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-10].

## 6 Лекция №6. Основные сведения о средствах измерений

**Содержание лекции:** основные виды средств измерений (СИ); эталоны, образцовые и рабочие средства измерений и их классификация, статические характеристики измерительных устройств.

**Цель лекции:** изучить классификацию и определения различных видов средств измерений, статические характеристики СИ: функция преобразования, диапазон измерений, чувствительность, порог чувствительности.

*Средства измерений (СИ)* – технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические характеристики.

*Метрологические характеристики (МХ)* – характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

Классификация средств измерений представлена в приложении Г.

*Мера* – СИ, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера. Примеры - Гиря – мера массы; резистор – мера сопротивления; линейка- мера длины.

*Измерительные устройства (ИУ)* применяются самостоятельно или в составе измерительных установок или систем. В зависимости от *формы представления информации* измерительные устройства подразделяются на измерительные приборы (ИП) и измерительные преобразователи (ИПр).

*Измерительный прибор* – СИ, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы различают:

- 1) аналоговые и цифровые приборы;
- 2) показывающие и самопишущие приборы;
- 3) приборы прямого действия и приборы сравнения.

*Измерительные преобразователи* - СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Измерительные преобразователи бывают: первичные и вторичные; промежуточные и передающие .

*Измерительные установки и системы* – совокупность СИ, объединенных по функциональному признаку со вспомогательными устройствами, для измерения одной или нескольких ФВ объекта измерения.

*Унифицированные СИ* – СИ, входящие в ГСП (Государственную систему промышленных приборов и средств автоматизации). Эта система строится по блочно-модульному принципу:

- приборы с пневматическими входными и выходными сигналами 0,2 – 1 кгс/см<sup>2</sup> (0,02 – 0.1 МПа);

- приборы с электрическими входными и выходными сигналами:

а) постоянного тока 0-5, 0-20, 0-100 мА или 0-10 В;

б) переменного тока частотой 50 или 400 Гц; 1-0-1 В, 0-2 В, 1-3 В; 0-10 МГц, 10-0-10 МГц;

- приборы с электрическим частотным входным и выходным сигналами 1500 -2500 Гц и 4000 – 8000 Гц.

Эти приборы имеют унифицированные входные и выходные сигналы, что обеспечивает взаимозаменяемость средств измерений, способствует сокращению разновидности вторичных измерительных устройств, повышает надежность действия устройств автоматизации, дает широкие перспективы применения ЭВМ.

В зависимости от назначения СИ делятся на три категории:

а) рабочие меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи;

б) образцовые рабочие меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи;

в) эталоны.

*Рабочие СИ* – СИ, предназначенные для повседневных практических измерений во всех отраслях народного хозяйства. Различают рабочие СИ: повышенной точности (лабораторные) СИ и технические СИ.

*Образцовые СИ* – СИ, предназначенные для поверки и градуировки рабочих средств измерений. Верхний предел измерений образцовых СИ должен быть больше или равен верхнему пределу измерений поверяемого прибора. Допускаемая погрешность образцовых СИ должна быть значительно меньше (в 4-5 раз) допускаемой погрешности испытываемого прибора.

Рабочие СИ поверяются в контрольных лабораториях системы Госстандарта. Образцовые СИ поверяются в государственных контрольных лабораториях 1-го разряда по еще более точным образцовым мерам, приборам и преобразователям. Образцовые СИ 2-го разряда поверяются методом сравнения с образцовыми СИ 1-го разряда и т.д., образцовые СИ 1-го разряда поверяются в Государственных институтах мер и измерительных приборов по соответствующим *рабочим эталонам*.

*Эталон* – высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим СИ. От эталона единица ФВ передается разрядным эталонам, от разрядных эталонов – рабочим эталонам. Различают эталоны:

- первичные;

- вторичные;

- рабочие (разрядные).

*Первичный эталон* – эталон, воспроизводящий единицу ФВ с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным. Национальный эталон утверждается в качестве исходного СИ для страны национальным органом по метрологии .

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Его задача состоит в систематических международных сличениях национальных эталонов разных стран с международными эталонами, а также и между собой. Сличению подлежат как эталоны основных величин

системы СИ, так и производных величин. Установлены определенные периоды сличения: эталоны метра и килограмма – каждые 25 лет; электрические и световые эталоны – 1 раз в 3 года.

*Вторичные эталоны* – «эталон-копии» сличаются с государственным эталоном и служат для передачи размера рабочим эталонам, а рабочие эталоны – эталонам более низкого разряда.

Самые первые эталоны официально были утверждены во Франции в 1799 году и переданы в Национальный архив Франции на хранение.

## 6.1 Статические характеристики измерительных устройств

Режим работы ИУ, при котором значения входных  $X$  и выходных  $Y$  сигналов не меняются, называется *статическим (стационарным)*.

*Статической характеристикой ИУ* называется функциональная зависимость выходного сигнала от входного в статическом режиме работы указанного устройства (рисунок 6.1). В общем случае это нелинейная зависимость  $Y = f(x)$ .

Для ИУ с неименованной шкалой или шкалой, отградуированной в единицах, отличных от единиц измеряемой величины, статическую характеристику принято называть *функцией преобразования*. Для измерительных приборов статическую характеристику еще называют *характеристикой шкалы*. Определение статической характеристики связано с выполнением градуировки, поэтому для всех СИ используют понятие *градуировочной характеристики*, под которой понимают зависимость между значениями величин на выходе и на входе СИ, составленную в виде таблицы, графика или формулы.

За исключением специальных случаев, основное требование, предъявляемое к статической характеристике ИУ, сводится к получению линейной зависимости между выходной и входной величинами. На практике это требование реализуется с некоторой заранее принятой погрешностью.

*Диапазон показаний* – область шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы.

*Диапазон измерений* (рабочая часть шкалы) – область значений измеряемой величины (на шкале), для которой нормированы допускаемые погрешности средств измерений:

$$(X_{\text{в}} - X_{\text{н}}; Y_{\text{в}} - Y_{\text{н}}),$$

где  $Y_{\text{н}}$ ,  $X_{\text{н}}$  – нижний предел диапазона измерений;

$Y_{\text{в}}$ ,  $X_{\text{в}}$  – верхний предел диапазона измерений.

Для количественной оценки влияния на выходной сигнал ИУ входного сигнала в произвольной точке статической характеристики служит предел отношения приращения  $\Delta Y$  выходного сигнала к приращению  $\Delta X$  входного сигнала, когда  $\Delta X \rightarrow 0$ , то есть производная в выбранной точке равна:

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{dY}{dX}.$$

$S$  – чувствительность ИП, определяется как отношение изменения сигнала на выходе ИП в вызвавшем его изменении измеряемой величины.

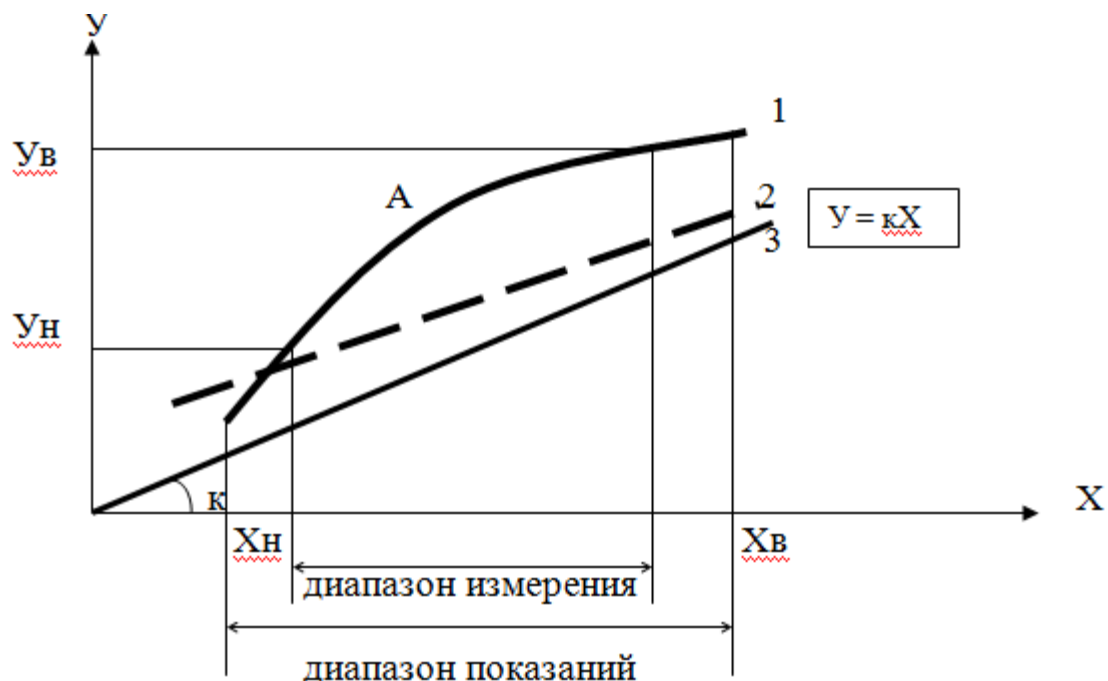


Рисунок 6.1 – Статическая характеристика измерительного устройства

Графически чувствительность – это тангенс угла наклона касательной к статической характеристике.

Если статическая характеристика – нелинейная, то его чувствительность будет различна в разных точках шкалы (шкала – неравномерная). СИ с линейной шкалой имеют равномерную шкалу и постоянное значение чувствительности.

У измерительных преобразователей статическая характеристика, как правило, линейная  $Y = \kappa X$  (кривая 3 на рисунке 6.1).

*Цена деления* – разность между двумя соседними отметками шкалы.

*Порог чувствительности* – это наименьшее изменение значения измеряемой величины  $x$ , способное вызвать уверенно фиксируемое изменение показания  $y$  измерительного прибора или выходного сигнала преобразователя.

Все рассмотренные выше характеристики СИ принято называть метрологическими, так как они влияют на точность осуществляемых с помощью этих устройств измерений.

СИ допускаются к применению только в том случае, если установлены нормы на их метрологические характеристики – *нормированные метрологические характеристики (НМХ)*. Сведения о НМХ приводятся в технической документации на СИ.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-5,8,9].

## **7 Лекция №7. Основные метрологические характеристики средств измерений**

**Содержание лекции:** класс точности, классификация погрешностей измерительных приборов и измерительных преобразователей.

**Цель лекции:** изучить основные метрологические характеристики СИ: класс точности и погрешности СИ, их расчет и представление.

### **7.1 Класс точности и допускаемые погрешности**

*Метрологические характеристики (МХ)* – характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

*Класс точности* – обобщенная метрологическая характеристика (МХ), определяемая пределами основной и дополнительных допускаемых погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на точность. Класс точности - величина безразмерная.

Пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений (СИ).

Средствам измерений присваивают классы точности, выбираемые из ряда (ГОСТ 136-68)  $(1; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0) \cdot 10^n$ ;  $n = 1; 0; -1; -2; \dots$

Конкретные классы точности устанавливаются в стандартах на отдельные виды СИ. Чем меньше число, обозначающее класс точности, тем меньше пределы допускаемой основной погрешности.

Классы точности, нормируемые по приведенным погрешностям, имеют связь с конкретным значением предела погрешности, т.е. класс точности численно равен значению приведенной погрешности, выраженному в процентах.

СИ с двумя или более диапазонами (или шкалами) могут иметь два или более класса точности.

### **7.2 Погрешности измерительных устройств**

Классификация погрешностей СИ представлена на рисунке Д.1 (приложение Д):

а) *от характера проявления*: систематические и случайные составляющие погрешности ИУ имеют тот же смысл, что и систематические и случайные погрешности измерений (лекция №3);

б) *от условий применения*:

1) *основная погрешность СИ* - погрешность СИ, используемого в нормальных условиях (Н.У.). Под Н.У. применения СИ понимаются условия, при которых влияющие величины (температура окружающего воздуха, барометрическое давление, влажность, напряжение питания, частота тока и т.д.) имеют нормальные значения или находятся в пределах нормальной области значений, а также определенное пространственное их положение, отсутствие вибрации, внешнего электромагнитного поля, кроме земного магнитного поля. Н.У. обычно не являются рабочими условиями применения СИ;

2) под пределом допускаемой *дополнительной погрешности* понимается наибольшая дополнительная погрешность, вызываемая изменением влияющей величины в пределах расширенной области значений (РОЗ), при которой средство измерений может быть признано годным и допущено к применению. В стандартах или технических условиях для каждого вида СИ устанавливают расширенную область значений влияющих величин, в пределах которой значение дополнительной погрешности не должно превышать установленных пределов. Терминам основная и дополнительная погрешности соответствуют фактические погрешности СИ, имеющие место при данных условиях;

в) *от режима применения*:

1) *статическая погрешность* – погрешность СИ, возникающая при использовании его для измерения постоянной величины;

2) *динамическая погрешность* – погрешность СИ, возникшая при использовании его для измерения переменной во времени величины;

г) *от формы представления*.

Для измерительного прибора и измерительного преобразователя определение абсолютной, относительной и приведенной погрешностей специфично. У измерительного прибора имеется шкала, отградуированная в единицах входной величины, либо шкала, отградуированная в условных единицах с известным множителем, поэтому результат измерения представляется в *единицах входной величины*. Это обуславливает простоту определения погрешности измерительного прибора. У измерительного преобразователя результаты измерений представляются в *единицах выходной величины*. Поэтому различают погрешности измерительного преобразователя по входу и по выходу.

*Абсолютная погрешность измерительного прибора* – разность между показаниями прибора и действительным значением измеряемой величиной:

$$\Delta = X_n - X_{\text{действ}} \quad (7.1)$$

где  $X_{\text{действ}}$  определяется с помощью образцового прибора или воспроизводится мерой.

*Относительная погрешность измерительного прибора* – отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к действительному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_{\delta}} 100\% \quad (7.2)$$

*Приведенная погрешность измерительного прибора* – отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к нормирующему значению измеряемой величины

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\% \quad (7.3)$$

В качестве нормирующего значения используется верхний предел измерения или диапазон измерений измерительного прибора.

При определении погрешностей измерительного преобразователя (ИПр) известны следующие величины:  $X_\delta$  - действительное значение величины на входе Ипр, которое воспроизводится мерой или определяется с помощью образцового СИ на входе.  $Y_n$  - значение величины на выходе Ипр, определяется с помощью образцового средства на выходе;  $Y = f(X)$  - функция преобразования измерительного преобразователя;  $X = \varphi(Y)$  - обратная функция преобразования измерительного преобразователя.

*Абсолютная погрешность измерительного преобразователя по выходу* – разность между действительным значением величины на выходе измерительного преобразователя, отображающей измеряемую величину, и значением величины на выходе, определяемым по действительному значению величины на входе с помощью градуировочной характеристики, приписанной измерительному преобразователю:

$$\Delta_{ИПр\text{ вых}} = Y_n - Y_\delta = Y_n - f(X_\delta), \quad (7.4)$$

где  $Y_n$ ,  $Y_\delta$  - определяются при одном значении входной величины.

*Абсолютная погрешность измерительного преобразователя по входу* – разность между значением величины на входе измерительного преобразователя, определяемым по действительному значению величины на его выходе с помощью градуировочной характеристики, приписанной преобразователю, и действительным значением величины на входе преобразователя:

$$\Delta_{ИПр\text{ вх}} = X_n - X_\delta = \varphi(Y_\delta) - X_\delta. \quad (7.5)$$

*Относительная погрешность измерительного преобразователя по входу:*

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{X_\delta} 100\% = \frac{\varphi(Y_n) - X_\delta}{X_\delta} 100\%. \quad (7.6)$$

*Относительная погрешность измерительного преобразователя по выходу:*

$$\delta_y = \frac{\Delta_y}{Y_\delta} 100\% = \frac{Y_n - f(X_\delta)}{f(X_\delta)} 100\%. \quad (7.7)$$

*Приведенная погрешность измерительного преобразователя по входу:*

$$\gamma_x = \frac{\Delta_x}{X_N} 100\%. \quad (7.8)$$

*Приведенная погрешность измерительного преобразователя по выходу:*

$$\gamma_y = \frac{\Delta_y}{Y_N} 100\%. \quad (7.9)$$

В качестве нормирующего значения  $X_N$ ,  $Y_N$  используется диапазон измерений преобразователя ( $X_\epsilon - X_n$ ) или соответствующий ему диапазон измерений выходного сигнала ( $Y_\epsilon - Y_n$ );

д) от значения измеряемой величины.



Для рассмотрения этой зависимости удобно использовать понятие *номинальной и реальной функции преобразования*.

*Номинальная функция преобразования* указана в паспорте на ИУ. *Реальная функция преобразования* – функция, которой обладает конкретный экземпляр ИУ данного типа. Отклонения реальной функции преобразования от номинальной различны и зависят от значения измеряемой величины. Эти отклонения и определяет погрешность данного ИУ.

*Аддитивная погрешность* или погрешность нуля ИУ – погрешность, которая остается постоянной при всех значениях измеряемой величины (приложение Д, рисунок Д.2).

Если аддитивная погрешность является систематической, то она может быть удалена (например, коррекция нуля). Если аддитивная погрешность – случайная величина, то ее исключить нельзя, и реальная функция преобразования смещается по отношению к номинальной произвольно во времени. Для реальной функции можно выделить полосу, ширина которой остается постоянной при всех значениях измеряемой величины.

Источники случайной аддитивной погрешности – трение в опорах, дрейф нуля, шум (фон) СИ.

*Мультипликативная погрешность* или погрешность чувствительности СИ – погрешность, которая линейно возрастает (или убывает) с увеличением измеряемой величины (приложение Д, рисунок Д.3).

Источники мультипликативной погрешности – изменение коэффициента преобразования отдельных элементов и узлов СИ.

*Погрешность линейности* – погрешность, появляющаяся тогда, когда отличие реальной функции преобразования от номинальной вызвано нелинейными эффектами (приложение Д, рисунок Д.4).

Источники погрешности линейности – конструкция (схема) СИ, нелинейные искажения функции преобразования, связанные с несовершенством технологии производства схем.

*Погрешность гистерезиса* – погрешность обратного хода (погрешность запаздывания) (приложение Д, рисунок Д.5). Это наиболее существенная и трудноустраняемая погрешность СИ, выражающаяся в несовпадении реальной функции преобразования при увеличении (прямой ход) и уменьшении (обратный ход) измеряемой величины.

Причины гистерезиса – люфт, сухое трение в механических передающих элементах, гистерезисный эффект в ферромагнитных материалах, внутреннее трение в материалах пружин, явление поляризации в элементах, пьезоэлементах, электрохимических элементах.

СИ допускается к применению только в том случае, если установлены нормы на их метрологические характеристики. Сведения о нормированных метрологических характеристиках приводятся в технической документации на средства измерения.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [1-5].

## 8 Лекция №8. Основы стандартизации

**Содержание лекции:** сущность стандартизации, объекты и области стандартизации, нормативные документы, органы и службы стандартизации.

**Цель лекции:** изучить основные определения, цели и задачи стандартизации, виды нормативных документов, концепцию национальной стандартизации.

*Стандартизация* – деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда.

*Цели стандартизации:*

- 1) общие цели;
- 2) конкретные цели.

*Общие цели* вытекают из содержания понятия стандартизации. Общие цели связаны с выполнением тех требований стандартов, которые являются обязательными: разработка норм, требований и правил, обеспечивающих:

- безопасность продукции, работ, услуг для жизни и здоровья людей, окружающей среды и имущества;
- совместимость и взаимозаменяемость изделий;
- качество продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития научно-технического прогресса;
- единство измерений;
- экономию всех видов ресурсов;
- безопасность хозяйственных объектов, связанную с возможностью возникновения различных катастроф и чрезвычайных ситуаций;
- обороноспособность и мобилизационную готовность страны.

*Конкретные цели* относятся к определенной области деятельности, отрасли производства товаров и услуг, тому или другому виду продукции, предприятию и т.п.

*Объект стандартизации (предмет)* – продукция, процесс или услуга, для которых разрабатывают те или иные требования, характеристики, параметры, правила и т.п.

Стандартизация касается либо объекта в целом, либо его отдельных составляющих (характеристик).

*Область стандартизации* – совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации. Например, область стандартизации – машиностроение, объект стандартизации – технологические процессы, типы двигателей, безопасность.

*Уровни стандартизации* зависят от того, участники какого географического, экономического, политического региона мира принимают стандартизацию: административно-территориальную стандартизацию;

национальную стандартизацию; региональную стандартизацию; международную стандартизацию.

### 8.1 Нормативные документы по стандартизации и виды стандартов

В процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, которые оформляются в виде нормативного документа.

Руководство международных организаций по стандартизации ИСО/МЭК рекомендует следующие *виды нормативных документов (НД)*: стандарты, документы технических условий, своды правил, регламенты (технические регламенты), положения.

*Стандарт* – это нормативный документ, разработанный на основе консенсуса, утвержденный признанным органом, направленный на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области. В стандарте устанавливаются для всеобщего и многократного использования общие принципы, правила, характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов. Стандарт должен быть основан на обобщенных результатах научных исследований, технических достижений и практического опыта, тогда его использование принесет оптимальную выгоду для общества. Вначале органом по стандартизации принимается *предварительный* (временный) *стандарт* и доводится до широкого круга потенциальных потребителей, а также до тех, кто может его применить. Отзывы об этом документе служат базой для принятия решения о целесообразности стандарта. *Категории стандартов*: международные, региональные, национальные, административно-территориальные. Они предназначены для широкого круга потребителей, т.е. являются общедоступными. *Виды стандартов*: основополагающий стандарт, терминологический стандарт, стандарт на методы испытаний, стандарт на продукцию, стандарт на процесс, стандарт на услугу, стандарт на совместимость.

*Документ технических условий (ТУ)* устанавливает технические требования к продукции, услуге, процессу. Обычно в документе ТУ должны быть указаны методы или процедуры, которые следует использовать для проверки соблюдения требований данного нормативного документа в таких ситуациях, когда это необходимо.

*Свод правил*, как и ТУ, может быть самостоятельным стандартом или самостоятельным документом, а также частью стандарта. Свод правил обычно составляется для процесса проектирования, монтажа оборудования и конструкций, технического обслуживания или эксплуатации объектов, конструкций, изделий.

Все вышеуказанные нормативные документы носят *рекомендательный характер*.

*Регламент* – это документ, в котором содержатся *обязательные правовые нормы*. Принимает регламент орган власти, а не орган по стандартизации, как в случае других НД. *Технический регламент (ТР)* – разновидность регламентов – содержит технические требования к объекту стандартизации. Они могут быть

представлены непосредственно в самом этом документе либо путем ссылки на другой НД. В отдельных случаях в ТР полностью включается НД. Технические регламенты обычно дополняются методическими документами, указаниями по методам контроля или проверок соответствия продукта, товара, услуги требованиям регламента.

Нормативные документы по стандартизации в Республике Казахстан установлены Законом «О техническом регулировании» (2004 год) [12]:

- а) международные стандарты;
- б) региональные стандарты и классификаторы технико-экономической информации, правила и рекомендации по стандартизации;
- в) государственные стандарты и классификаторы технико-экономической информации Республики Казахстан;
- г) стандарты организаций;
- д) рекомендации по стандартизации Республики Казахстан;
- е) национальные стандарты, стандарты организаций, классификаторы технико-экономической информации, правила, нормы и рекомендации по стандартизации иностранных государств.

## **8.2 Органы и службы стандартизации**

Согласно Руководству 2 ИСО/МЭК, деятельность по стандартизации осуществляют соответствующие органы и организации. Под органом, занимающимся стандартизацией, подразумевается орган, деятельность которого в области стандартизации общепризнана на национальном, региональном или международном уровнях. Основные функции такого органа – разработка и утверждение нормативных документов, доступных широкому кругу потребителей. Однако он может выполнять немало других функций, что особенно характерно для национального органа по стандартизации.

Национальным органом по стандартизации в Казахстане является уполномоченный орган – *Комитет технического регулирования и метрологии* (рисунок 8.1). *Уполномоченный орган* - государственный орган, уполномоченный в соответствии с законодательством Республики Казахстан управлять, осуществлять контроль и надзор за работами в области технического регулирования и представлять Республику Казахстан в международных и региональных организациях по вопросам стандартизации, подтверждения соответствия и аккредитации. Уполномоченный орган в сфере стандартизации выполняет следующие функции:

- а) устанавливает порядок разработки, согласования, учета, утверждения, экспертизы, изменения, отмены и введения в действие государственных стандартов и классификаторов технико-экономической информации;
- б) организует анализ и разработку стандартов, гармонизированных с нормативными правовыми актами в области технического регулирования;
- в) устанавливает порядок учета и применения международных, региональных и национальных стандартов, классификаторов технико-экономической информации, правил и рекомендаций иностранных государств по

стандартизации, подтверждению соответствия и аккредитации на территории Республики Казахстан;

г) организует издание и распространение официальных изданий государственных, международных, региональных стандартов, стандартов иностранных государств, правил и рекомендаций по стандартизации, подтверждению соответствия и аккредитации, публикует информацию о них;

д) устанавливает порядок разработки планов и программ государственной стандартизации;

е) организует подтверждение переводов нормативных документов по стандартизации на государственный и русский языки.

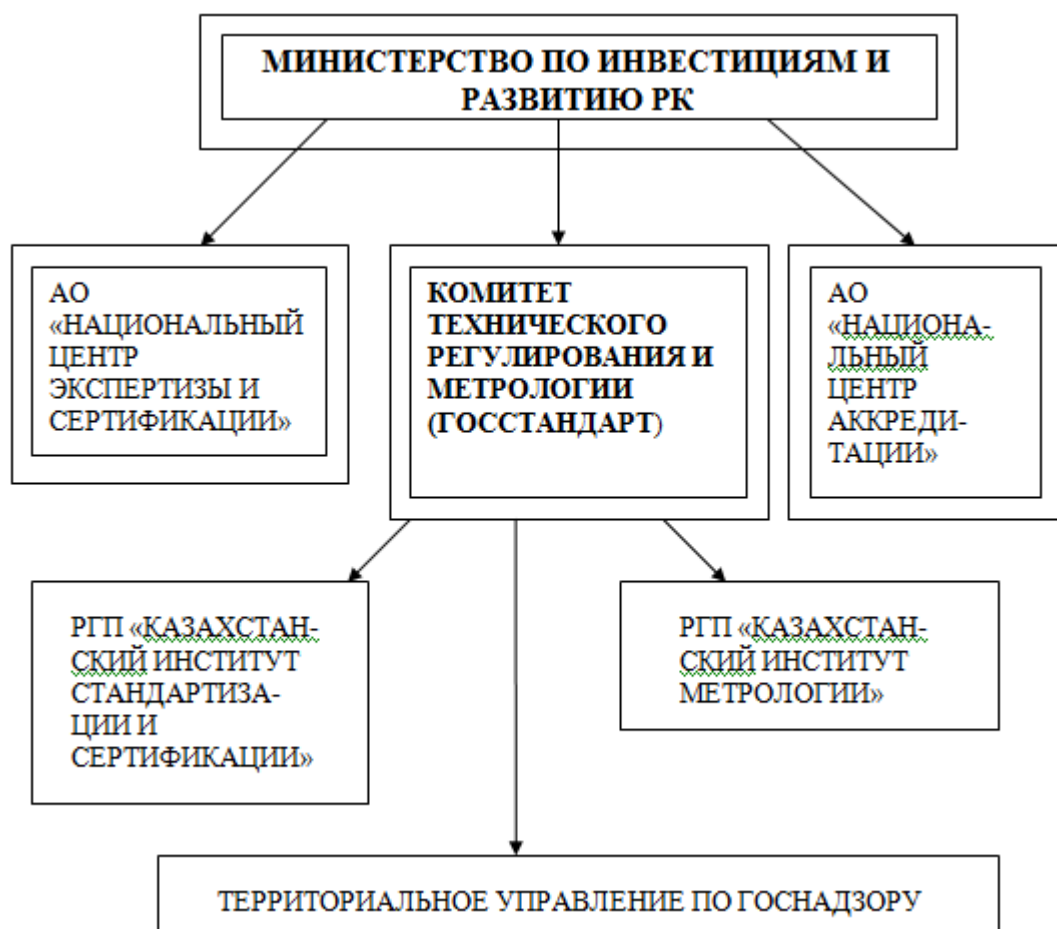


Рисунок 8.1 – Организационная схема служб по стандартизации РК

*Комитет технического регулирования и метрологии* (до 2005 г. Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации) (ГОССТАНДАРТ) осуществляет свою деятельность в соответствии с «Положением о Комитете по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли РК», утвержденным постановлением Правительства РК от 18 октября 2000 г. № 1552, руководствуясь Законами РК «О техническом регулировании» от 9 ноября 2004 Г., «Об обеспечении единства измерений» от 7 июня 2000 г., «О защите прав потребителей». Новые законы полностью отвечают международным

требованиям. Комитет формирует и реализует государственную политику в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации, осуществляет государственный надзор за соблюдением обязательных требований нормативных документов по стандартизации, правил сертификации, качеством сертифицируемой продукции, метрологических правил, состоянием и применением средств измерений, а также государственный контроль за деятельностью органов по сертификации и испытательных лабораторий. Проводит международное научно-техническое сотрудничество по стандартизации, метрологии и сертификации с целью устранения технических барьеров в торговле.

Постоянными рабочими органами по стандартизации являются *технические комитеты (ТК)*, но это не исключает разработку нормативных документов предприятиями, общественными заведениями, другими субъектами хозяйственной деятельности.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [2-5,8,9].

## **9 Лекция №9. Международная стандартизация**

**Содержание лекции:** организации по стандартизации ИСО, МЭК, МГС СНГ (EASC), СЕН (Европейский союз), ANSI (США), Госстандарт РФ.

**Цель лекции:** изучить задачи, функции и структуру международных организаций по стандартизации.

Первая международная организация по общей стандартизации - Международная ассоциация национальных организаций по стандартизации была создана в 1926 г., но с началом мировой войны в 1939 г. она распалась.

*Международная организация по стандартизации*, существующая в настоящее время, *ИСО* была создана в 1946 г. 25 странами. Сфера деятельности ИСО касается стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники. Стандартизацией в этих областях занимается Международная электротехническая комиссия (МЭК). Некоторые работы проводятся совместно ИСО и МЭК.

*Задачи ИСО:* содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности в мире с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развитие сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях. В настоящее время в ИСО входит более 140 стран мира, в ее составе имеется более 200 комитетов.

Высшим руководящим органом ИСО является Генеральная ассамблея, которая проводится раз в три года. Непосредственное руководство ИСО осуществляет Совет ИСО. Основная координирующая работа проводится в 7 основных комитетах: СТАКО - комитет по изучению научных принципов по стандартизации, ПЛАКО - техническое бюро, КАСКО - комитет по оценке соответствия, ИНФКО - комитет по научно-технической информации, ДЕВКО - комитет по оказанию помощи развивающимся странам, КОПОЛКО - комитет

по защите интересов потребителей, РЕМКО - комитет по стандартным образцам.

Непосредственную работу по созданию международных стандартов ведут технические комитеты и подкомитеты, которые могут учреждать рабочие группы. По данным на 1996 г. международная стандартизация в рамках ИСО проводится 2832 рабочими группами. Официальные языки ИСО английский, французский и русский. ИСО разработало более 12 000 стандартов, ежегодно разрабатывается и пересматривается 500- 600 стандартов. На русский язык переведено более 70% всех стандартов.

Стандарты ИСО не имеют статуса обязательных. Любая страна имеет право применять их или не применять. В Казахстане применяют около половины стандартов ИСО. Только 20% стандартов имеют требования к конкретной продукции. Основная масса стандартов относится к вопросам безопасности, взаимозаменяемости, технической совместимости, методов испытания продукции и общих методологических вопросов.

*Международная электротехническая комиссия (МЭК)* была создана в 1904 г. на конференции 13 стран. Дата начала сотрудничества этих стран – 1881 год. МЭК является первой отраслевой международной организацией по стандартизации. Она занимается стандартизацией в области электротехники, электроники, радиосвязи, приборостроения. С 1946 года МЭК –автономная организация в составе ИСО.

Национальные комитеты всех стран-участниц образуют Совет высший руководящий орган МЭК. Основной координирующий орган МЭК - Комитет действия. Он выявляет необходимость развития новых направлений работы, разрабатывает методические документы, участвует в решении вопросов сотрудничества с другими организациями, выполняет задания Совета. Стандарты МЭК можно разделить на два вида - общетехнические, носящие межотраслевой характер и технические, включающие требования к конкретной продукции. Ежегодно МЭК рассматривает более 500 тем по международной стандартизации. МЭК принял более 2000 стандартов. Эти стандарты более конкретны, чем стандарты ИСО.

МЭК совместно с ИСО разрабатывает Руководства ИСО/МЭК и директивы ИСО/МЭК по актуальным вопросам стандартизации, сертификации, аккредитации испытательных лабораторий и методическим вопросам.

*Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) Содружества Независимых Государств (СНГ)* является межправительственным органом СНГ по формированию и проведению согласованной политики по стандартизации, метрологии и сертификации.

МГС создан в соответствии с «Соглашением о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» от 13 марта 1992 г. для координации работ в области стандартизации, метрологии и сертификации, определения основных направлений межгосударственной стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации в указанных областях деятельности. МГС принимает межгосударственные стандарты.

Высшим органом МГС является заседание членов МГС, которое проводится два раза в год поочередно в государствах - участниках Соглашения. Между заседаниями руководство работой Совета осуществляет Председатель. Функции председателя МГС выполняют поочередно руководители национальных органов по стандартизации, метрологии и сертификации.

Рабочим органом МГС является Бюро по стандартам в составе группы экспертов и регионального Информационного центра. При Совете создано более 230 межгосударственных технических комитетов по стандартизации.

В 1995 г. МГС признан Международной организацией по стандартизации (ИСО) - Региональной Организацией по стандартизации как *Евразийский Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (EASC)*.

*Европейский Союз.* Основными принципами европейской системы стандартизации являются независимость и сотрудничество с органами власти. В отличие от американской, европейская система стандартизации характеризуется упорядоченностью и организованностью.

В Европе функционируют три организации по стандартизации ETSI, СЕН и СЕНЭЛЕК, все они являются частными. СЕН существует с 1961 года. Ее члены – 18 стран Европы.

Европейская система основана на требованиях нового подхода к стандартизации и технической регламентации, принятого в 1985 г. Советом Европейского Союза. В соответствии с ним деятельность государства в области стандартизации заключается в контроле за выполнением основных требований к охране здоровья или безопасности при поставке на рынок промышленных товаров. Роль добровольных стандартов сводится к решению технических проблем для обеспечения соблюдения данных требований. Для этого Европейская комиссия подписала с европейскими организациями по стандартизации Меморандум о взаимопонимании (1984 г.). В соответствии с ним Европейская комиссия обязалась не разрабатывать собственные технические требования.

Также европейская система выполняет и внешние функции, способствуя устранению технических барьеров в европейской торговле. Для европейской системы характерно обеспечение преимущественного положения европейской стандартизации по сравнению с национальной. В соответствии с этим принципом национальная организация обязана воздержаться от разработки собственного стандарта, если в данной области ведутся работы на общеевропейском уровне. Также все национальные организации Европы принимают общеевропейские стандарты и отменяют собственные разработки при выявлении расхождений с европейскими.

*США.* Отличительной особенностью американской системы стандартизации является широта охвата с учетом отраслевой специфики.

Американская система распределена по промышленным отраслям и поддерживается многочисленными организациями по стандартизации, как частными, так и государственными. Американские стандарты разрабатывались по отдельным отраслям в ответ на конкретные запросы промышленных



предприятий и органов государственной власти.

В течение более ста лет американская стандартизация развивалась по инициативе частного сектора без вмешательства со стороны государства. Главной задачей при внедрении стандартов была и остается разработка технических требований на продукцию, технологические процессы и системы.

В 1918 году частными организациями по стандартизации была создана федерация партнеров – *Американский национальный институт стандартов (ANSI)*, главной задачей которого стала координация деятельности в области стандартизации. ANSI – негосударственная организация, в состав которой входят около 700 фирм, 30 правительственных органов, 20 институтов и 260 профессиональных, технических, коммерческих и промышленных организаций. Деятельность ANSI финансируется за счет членских взносов и доходов от продажи документации.

Разработкой стандартов в США занимаются около 600 организаций. Система стандартизации носит добровольный характер, и соответствие стандартам не является обязательным.

Федеральное правительство США не финансирует и не руководит деятельностью организаций по стандартизации, но при поддержке частного сектора принимает участие в добровольной стандартизации в качестве покупателя и активного участника разработки технических стандартов. Также федеральное правительство следит за тем, чтобы процесс стандартизации отражал национальные интересы.

Несмотря на некоторую сложность американской системы стандартизации, она продолжает доказывать свою эффективность, помогая производителям проектировать, изготавливать и реализовывать продукцию, своевременно удовлетворять запросы промышленности, правительства и потребителей. В настоящее время США производит около 25% мировой промышленной продукции. Эта страна занимает лидирующее положение в таких высокоинтеллектуальных видах производства как компьютерная техника, авиастроение, автомобилестроение, железнодорожный транспорт, космическая техника и т.д.

*Российская Федерация.* Сейчас основной задачей стандартизации в России является развитие и поддержание нормативной базы, которая обеспечивала бы разработку, производство и потребление высококачественной, безопасной и конкурентоспособной продукции.

В 1998 году *Госстандарт России* принял новую Концепцию национальной системы стандартизации. Исходя из этой концепции, функция стандартов предусматривает такой уровень показателей качества и безопасности продукции, который соответствует современным требованиям санитарии, гигиены, обеспечивает охрану окружающей среды и безопасность людей и их имущества.

Правовой статус Госстандарта России (Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации) закреплен Законом «О стандартизации».

Также Госстандарт России наделен правом установления общих, т.е. единых для всей страны организационно-технических правил проведения всех видов работ по стандартизации. Госстандартом России на территории всех субъектов Федерации и в крупных промышленных центрах созданы территориальные органы Госстандарта России (центры стандартизации, сертификации и метрологии) - Ростест - Москва, Тест - Санкт-Петербург и др.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [2-5,8,9].

## **10 Лекция №10. Основы подтверждения соответствия**

**Содержание лекции:** сущность и содержание сертификации, основные термины и понятия, обязательная и добровольная сертификации, формы участия в системах сертификации и соглашения по признанию.

**Цель лекции:** изучить основные определения, цели и задачи сертификации, основные положения Закона «О техническом регулировании»; принципы, правила и порядок проведения сертификации продукции.

*Сертификация* в переводе с латыни означает «Сделано верно». Для того чтобы убедиться в том, что продукт «сделан верно», надо знать, каким требованиям он должен соответствовать и каким образом возможно получить достоверные доказательства этого *соответствия*.

ИСО/МЭК предлагает термин «*соответствие*», указывая, что это процедура, в результате которой может быть подано заявление, дающее уверенность в том, что продукция (процесс, услуга) соответствует заданным требованиям. Это может быть:

а) *декларация о соответствии*, т.е. письменная гарантия изготовителя в том, что продукция соответствует заданным требованиям;

б) *сертификация* - процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию того, что продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям.

Декларация о соответствии содержит следующие сведения: адрес изготовителя, представляющего декларацию, обозначение изделия и дополнительную информацию о нем; наименование нормативного правового акта в области технического регулирования, на соответствие требованиям которого подтверждается продукция; указание о личной ответственности изготовителя за содержание заявления и др. Представляемая информация должна быть основана на результатах испытаний. Декларация о соответствии принимается на срок, установленный изготовителем (исполнителем) продукции, исходя из планируемого срока выпуска данной продукции, но не более чем на один год.

Подтверждение соответствия через сертификацию предполагает обязательное участие *третьей стороны*. Такое подтверждение соответствия – независимое, дающее гарантию соответствия заданным требованиям, осуществляемое по правилам определенной процедуры. *Сертификация*

считается основным *достоверным способом* доказательства соответствия продукции (процесса, услуга) заданным требованиям.

Доказательство соответствия проводится по той или иной *системе сертификации* – это система, которая осуществляет сертификацию по своим собственным правилам, касающимся как процедуры, так и управления. Систему сертификации составляют: *центральный орган*, который управляет системой, проводит надзор за ее деятельностью и может передавать право на проведение сертификации другим органам; *правила и порядок проведения сертификации*; *нормативные документы*, на соответствие которым осуществляется сертификация; *процедуры (схемы) сертификации*; *порядок инспекционного контроля*. Системы сертификации могут действовать на национальном, региональном и международном уровнях.

Сертификация может носить обязательный и добровольный характер.

*Обязательная сертификация* осуществляется на основании законов и законодательных положений и обеспечивает доказательство соответствия товара (процесса, услуг) требованиям технических регламентов, обязательным требованиям стандартов. Поскольку обязательные требования этих нормативных документов относятся к безопасности, охране здоровья людей и окружающей среды, то основным аспектом обязательной сертификации является безопасность и экологичность.

В Казахстане обязательная сертификация введена Законом «О защите прав потребителей». Продукция, подлежащая обязательному подтверждению соответствия, определяется нормативными правовыми актами в области технического регулирования.

*Добровольная сертификация* проводится по инициативе юридических или физических лиц на договорных условиях между заявителем и органом по сертификации в системах добровольной сертификации. Допускается проведение добровольной сертификации в системах обязательной сертификации органами по обязательной сертификации. Нормативный документ, на основании которого осуществляются испытания при добровольной сертификации, выбирается, как правило, заявителем. Заявителем может быть изготовитель, поставщик, продавец, потребитель продукции. Системы добровольной сертификации чаще всего объединяют изготовителей и потребителей продукции, заинтересованных в развитии торговли на основе долговременных партнерских отношений.

*Участие в системах сертификации* может быть в трех формах: допуск к системе сертификации; участие в системе сертификации; членство в системе сертификации. Допуск означает возможность для заявителя осуществить сертификацию в соответствии с правилами данной системы. Членство и участие устанавливаются на уровне сертификационного органа. Первая форма участия (допуск) относится к предприятиям - изготовителям, поставщикам продукции, которые сертифицируют свою продукцию в рамках выбранной системы (например, при добровольной сертификации), либо обязаны проводить сертификацию по данной системе, например, на основании положений об обязательной сертификации. Две другие формы касаются деятельности

сертификационного органа в национальных, региональных и международных системах сертификации.

Сертификация призвана содействовать развитию международной торговли. Однако система сертификации может оказаться техническим барьером. Устранению технических барьеров в торговле способствуют соглашения о взаимном признании (*соглашение по признанию* – согласно терминологии Руководства 2 ИСО/МЭК), которые в зависимости от количества стран, признающих результаты деятельности другой (других) стороны, бывают односторонние, двусторонние, многосторонние.

Сертификация в Республике Казахстан организуется и проводится в соответствии с общегосударственными законами РК: Закон «О защите прав потребителей», «О техническом регулировании», а также с законами РК, относящимися к определенным отраслям: «О ветеринарии», «О пожарной безопасности», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», - иными правовыми актами Республики Казахстан.

*Закон «О защите прав потребителей»*, принятый в 1991 году (с изменениями от 1992 г.), установил ряд принципиально новых положений: закрепил права потребителей, признанные во всем цивилизованном мире, – право на безопасность товаров, работ, услуг для жизни и здоровья; право на надлежащее качество приобретаемых товаров, выполняемых работ и оказываемых услуг; право на возмещение ущерба и судебную защиту прав и интересов потребителя; предусмотрел механизм защиты потребителя, права которых нарушены при продаже недоброкачественных товаров либо при ненадлежащем выполнении работ и оказании услуг. К числу потребителей закон не относит индивидуальных предпринимателей, приобретающих товар для своей деятельности, связанной с извлечением прибыли.

*Закон «О техническом регулировании»* принят в 2004 году (с дополнениями по состоянию на 31.01.2006 г.). В Законе установлены цели сертификации, определен национальный орган по сертификации – Уполномоченный орган РК - и направления его деятельности, сущность обязательного и добровольного подтверждения соответствия, права органов по сертификации, источники финансирования различных направлений деятельности по сертификации и т.д.

В системах подтверждения соответствия третьей стороной применяются два способа указания соответствия стандартам: сертификат соответствия и знак соответствия.

*Сертификат соответствия* - документ, удостоверяющий соответствие продукции, услуг требованиям, установленным нормативными правовыми актами в области технического регулирования, положениям стандартов или иных документов. Сертификат может относиться ко всем требованиям стандарта, а также к отдельным его разделам или конкретным характеристикам продукта, что четко оговаривается в документе.

*Знак соответствия* - обозначение, служащее для информирования покупателей о прохождении продукцией, услугой процедуры подтверждения

соответствия требованиям, установленным нормативными правовыми актами в области технического регулирования, стандартами и иными документами. Разрешение (лицензия) на использование знака соответствия выдает орган по сертификации.

Стандарты, предназначенные для использования при сертификации, в разделе «Область применения» должны содержать указание об их применении для целей сертификации. В стандарт включаются только те характеристики, которые могут быть объективно проверены. Стандарт должен устанавливать последовательность испытаний, если это влияет на их результаты. Предпочтительны методы неразрушающих испытаний.

*Порядок проведения подтверждения соответствия продукции* установлен по отношению к обязательной сертификации (в т.ч. и импортируемой продукции), но может применяться и при добровольной сертификации. Общие принципы порядка проведения сертификации продукции соответствуют Руководству 2 ИСО/МЭК. Управление работами по подтверждению соответствия осуществляется в рамках государственной системы технического регулирования. Непосредственную работу по сертификации ведут органы по подтверждению соответствия и испытательные лаборатории.

Порядок сертификации:

*а) подача заявки на сертификацию продукции* в орган по подтверждению соответствия; данный орган в течение месяца рассматривает заявку и сообщает решение: какие органы и испытательные лаборатории может выбрать заявитель для сертификации своей продукции;

*б) отбор, идентификация образцов и их испытания*, которые проводятся испытательной лабораторией; после испытаний выдаются протоколы испытаний по одному заявителю и в орган по подтверждению соответствия; срок хранения протокола равен сроку действия сертификата;

*в) оценка производства*; проводится анализ производства, сертификация производства или системы управления качеством; метод оценки производства указывается в сертификате соответствия продукции;

*г) выдача сертификата соответствия*; по результатам п.2 и п.3 составляется заключение эксперта; это главный документ, на основании которого орган по подтверждению соответствия принимает решение о выдаче сертификата соответствия; им же оформляется сертификат с указанием основания для его выдачи и регистрационного номера, без которого он недействителен.

Средства измерения до получения сертификата соответствия должны пройти государственный метрологический контроль и поверку.

Сертификат соответствия выдается на срок, установленный схемой подтверждения соответствия, но не более трех лет.

Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией проводится в течение всего срока действия сертификата и лицензии на применение знака соответствия, но не реже одного раза в год.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [2-5, 8,9].

## 11 Лекция №11. Управление качеством (основы квалиметрии)

**Содержание лекции:** квалиметрия, виды показателей качества, методы определения показателей качества

**Цель лекции:** изучить свойства, правила формирования и методы оценивания показателей качества.

### 11.1 Измерение и оценивание качества

*Совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением, называют качеством.* Для того чтобы управлять качеством, прежде всего необходимо уметь это качество оценить, а в идеальном случае - измерить.

*Квалиметрия* изучает вопросы оценивания качества. Само по себе обобщенное свойство, называемое качеством, не является физической величиной и в строгом метрологическом понимании не может быть измерено, поскольку не существует узаконенной меры этого свойства. Тем не менее, на основе аналогий с измерениями физических величин в квалиметрии получены практические рекомендации по оцениванию качества, в том числе и количественному.

Определить или измерить одну величину можно лишь сравнив ее с другой, известной величиной, принятой за единицу сравнения - меру. В метрологии такими мерами являются единицы физических величин. Аналогом физических величин в квалиметрии служат *показатели качества*. Понятия «физическая величина» и «показатель качества» близки, но не тождественны. Физическая величина отражает объективные свойства природы, а *показатель качества* - *общественную потребность в конкретных условиях*. Так, масса - физическая величина, а масса изделия показатель его транспортабельности; освещенность - физическая величина, а освещенность на рабочем месте - эргономический показатель.

*Качество* представляет собой сложное, многомерное свойство продукции, обобщенную характеристику множества ее потребительских свойств. Для целей же оценивания оно представляется упрощенной моделью, учитывающей лишь небольшое число определяющих качество компонент. По мере необходимости *модель качества* может совершенствоваться, в рассмотрение могут включаться новые свойства продукции, все более полно характеризующие качество. Не исключен и обратный путь - упрощения модели.

### 11.2 Свойства и правила формирования показателей качества

В зависимости от того, относятся ли показатели качества к категории физических величин, или к величинам нефизического характера (экономическим, гуманитарным, социальным и т.п.), показатели качества выражаются в единицах физических величин, либо в единицах, назначаемых по соглашению (например, в баллах, по бальной шкале).

Показатели качества делятся на единичные и комплексные. *Единичные*

*показатели* относятся к одному из свойств, определяющих качество; *комплексные показатели* - формируются из нескольких единичных показателей.

Комплексные показатели качества могут быть сформированы из единичных на основании известных функциональных зависимостей между ними, а могут представлять собой комбинацию из единичных, принятую по соглашению. Так, выбрав в качестве единичных показателей качества радиоаппаратуры напряжение питания  $U$  и потребляемый ток  $I$ , можно получить комплексный показатель - потребляемую мощность  $P$ , используя функциональную зависимость  $P = UI$ .

В случае отсутствия объективной функциональной зависимости для формирования комплексных показателей качества, применяют *субъективный способ* - расчет комплексного показателя по принципу среднего взвешенного, используя одну из формул:

- *среднее арифметическое взвешенное*

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^n g_i Q_i ; \quad (11.1)$$

- *среднее гармоническое взвешенное*

$$\tilde{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{g_i}} ; \quad (11.2)$$

- *среднее геометрическое взвешенное*

$$\bar{Q} = \left( \prod_{i=1}^n Q_i^{g_i} \right)^{\frac{1}{\sum_{i=1}^n g_i}} . \quad (11.3)$$

Посредством *весовых коэффициентов*  $g_i$  учитывается важность или ценность (вес) каждого единичного показателя качества  $Q_i$ . Задача определения весов показателей качества обычно решается, исходя из условия:

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1 . \quad (11.4)$$

Практикой выработаны следующие рекомендации:

- 1) среднее арифметическое взвешенное используется для вычисления комплексного показателя качества в том случае, когда объединяются однородные показатели, имеющие незначительный разброс;
- 2) при значительном разбросе показателей рекомендуется использовать среднее гармоническое взвешенное;
- 3) наиболее универсальным приемом формирования комплексного показателя считают комплексирование по принципу среднего геометрического

взвешенного. По этой схеме объединяют единичные показатели, когда они неоднородны (относятся к разнородной продукции или разным условиям ее применения) и имеют значительный разброс.

Если в состав комплексного показателя входят разнородные показатели качества, их необходимо выразить в относительной форме.

При оценивании свойств продукции комплексным показателем качества не исключены попытки компенсировать низкие значения одних единичных показателей необоснованным завышением других. Для исключения такой возможности комплексный показатель качества домножают на *коэффициент вето*. Этот коэффициент обращается в нуль при выходе любого из важнейших единичных показателей за допустимые пределы и равен единице во всех остальных случаях. Благодаря этому, комплексный показатель качества падает до нуля, если хотя бы одно из важных свойств продукции недопустимо мало.

Полученные на основе единичных показателей, комплексные показатели качества можно продолжать объединять в комплексные показатели более высокого уровня. Таким образом, структура показателей качества является многоуровневой. При переходе к показателям более высокого уровня, модель качества продукции становится все более грубой, пока не сведется к описанию качества одним единственным показателем - *обобщенным показателем*.

Комплексные показатели качества могут быть сформированы применительно к определенной группе свойств продукции. Такие показатели называются *групповыми*. Так, для промышленной продукции групповыми показателями качества, являются показатели назначения, надежности, безопасности и др.

Разновидностью комплексного показателя, позволяющего оценить качество с экономических позиций, является **интегральный показатель качества**. Его определяют как отношение суммарного полезного эффекта от использования продукции к величине затрат на ее создание и эксплуатацию. Примером интегрального показателя качества автомобиля могут служить удельные затраты на 1 км пробега:

$$K_y = \frac{З_c + З_э}{L},$$

где  $З_c$  и  $З_э$  - соответственно, себестоимость и затраты на эксплуатацию автомобиля до капитального ремонта;

$L$  - пробег автомобиля до капитального ремонта.

### 11.3 Методы определения показателей качества

Для определения значений показателей качества могут быть использованы инструментальные и экспертные методы.

*Инструментальные методы* применяются в ограниченных случаях, когда показатели качества представляют собой физические величины и существуют измерительные инструменты (средства измерения), обладающие нормированными метрологическими характеристиками. Инструментальные



определения показателей качества сводятся, таким образом, к решению обычных измерительных задач метрологии.

*Экспертные методы* оценивания показателей качества применяют тогда, когда использование технических средств измерения, невозможно или экономически не оправдано. Экспертные методы используют, например, для оценивания эргономических и эстетических показателей, в спорте, в гуманитарных областях наук. Используются все виды измерительных шкал, вплоть до шкалы отношений.

Разновидностями экспертного метода являются органолептический и социологический методы.

*Органолептический метод* оценивания основан на определении свойств объекта с помощью органов чувств человека: зрения, слуха, осязания, обоняния и вкуса. Например, оценка качества чая дегустаторами.

*Социологические методы* строятся на массовых опросах населения или его групп, когда каждый индивидуум выступает в роли эксперта.

Общим для всех экспертных методов является представление о *человеке-эксперте* как о некотором «нетехническом» средстве измерения. При этом полагают, что меру соответствующего свойства человек создает в своем воображении. Основываясь на таком методологическом подходе, экспертные оценки показателей качества нередко называют результатом измерения, а саму процедуру оценивания - измерением качества.

Экспертные оценки это всего лишь результат грубого оценивания, но не измерения! И, тем не менее, экспертные оценки потребительских свойств продукции, пока еще недоступных измерению, имеют важное прикладное значение, открывают возможность сравнения, классификации объектов по интенсивности оцениваемых свойств.

Экспертную оценку качеству продукции может дать один специалист, однако в целях повышения достоверности оценки предпочтение отдается *групповому методу оценивания*. Для обеспечения эффективности оценок должна тщательно подбираться и аттестовываться экспертная комиссия.

Основой для отбора кандидатов в экспертную комиссию является проверка их компетентности путем тестирования. При формировании группы существенные затруднения связаны с проблемой обеспечения согласованности и независимости оценок экспертов. Поэтому на завершающем этапе формирования комиссии целесообразно провести самооценку и взаимооценку экспертов. Практика показывает, что экспертные группы с высокими самооценками реже ошибаются в оценке качества объектов.

Дополнительную информацию по теме можно получить в [2,4].

## Приложение А

### Структурная схема АСУ ТП

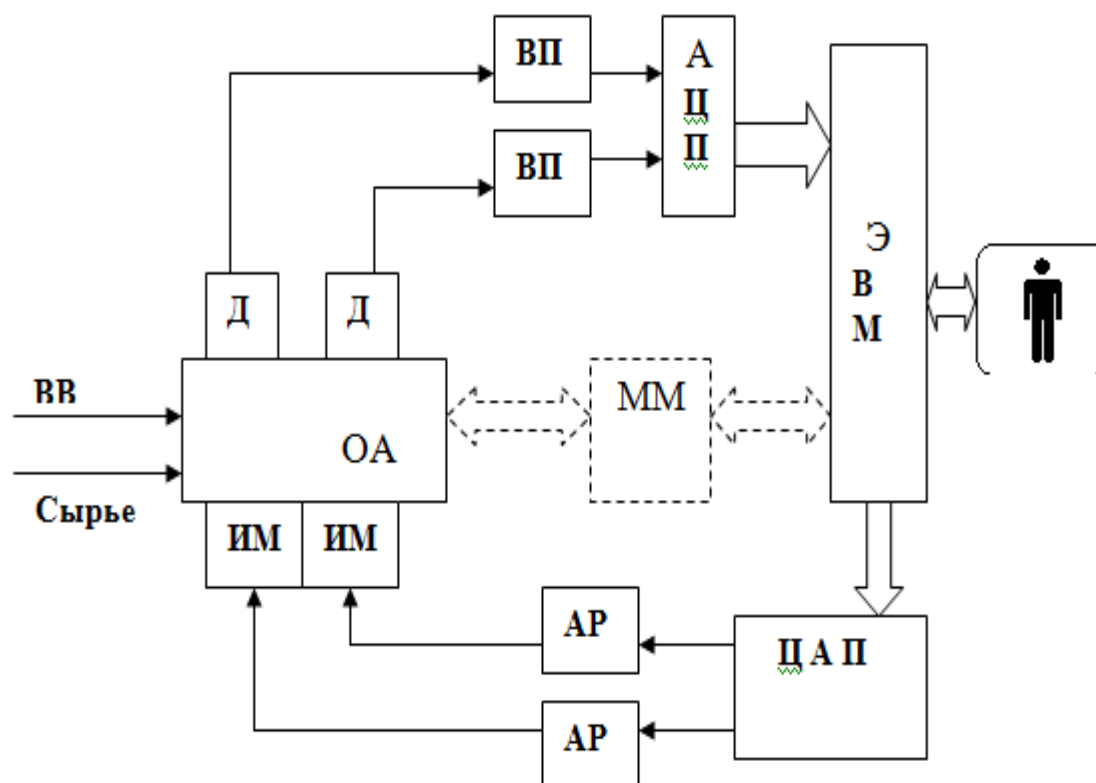


Рисунок А.1 – Структурная схема АСУ ТП

## Приложение Б

### Основные виды и методы измерений

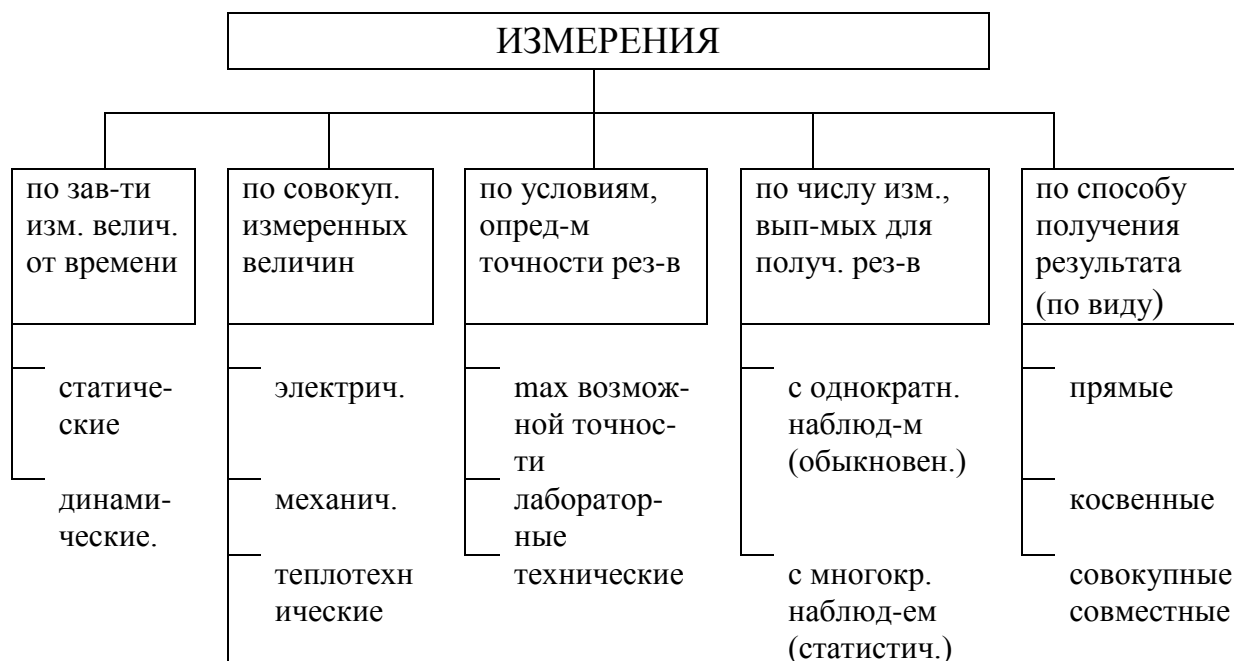


Рисунок Б.1 – Классификация измерений

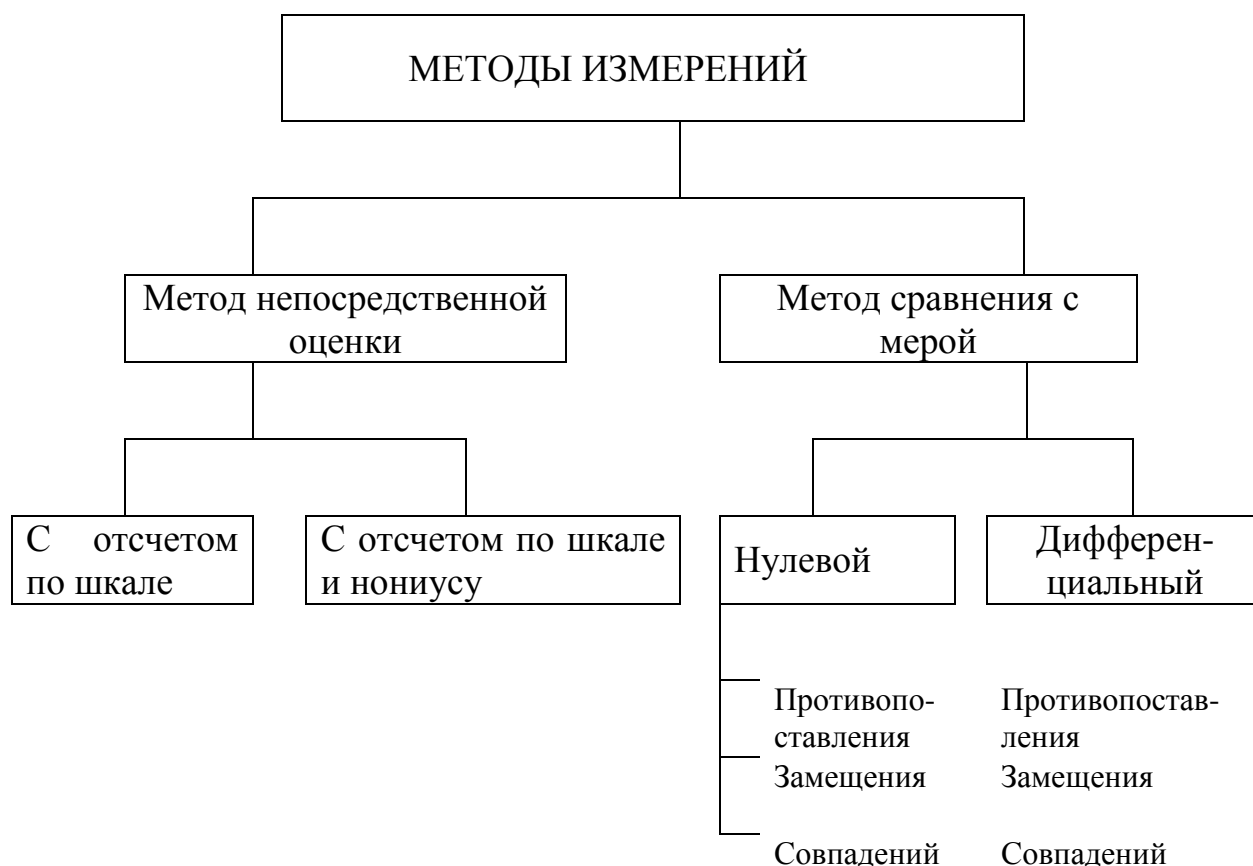


Рисунок Б.2 – Классификация методов измерений

## Приложение В

### Классификация погрешностей измерений



Рисунок В.1 - Классификация погрешностей измерений

## Приложение Г

### Классификация средств измерений



## Приложение Д

### Погрешности средств измерений

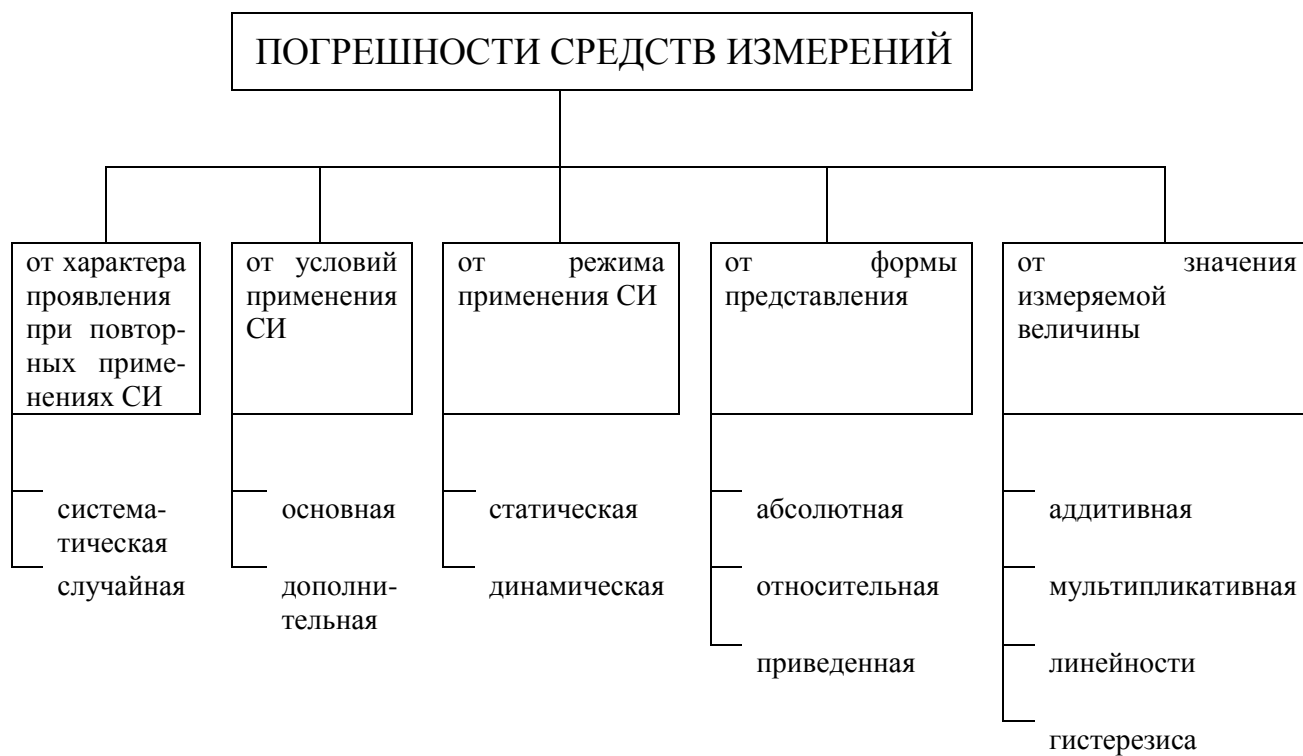


Рисунок Д.1 – Классификация погрешностей средств измерений

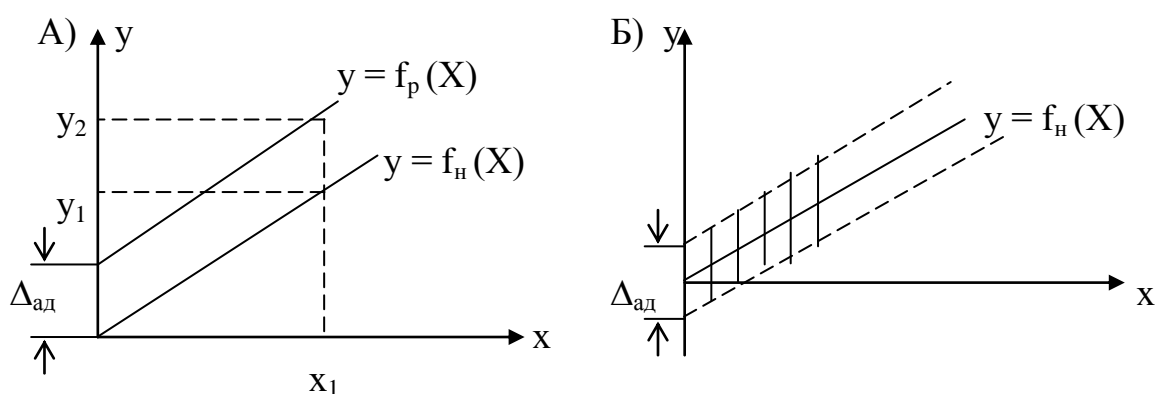


Рисунок Д.2 – График аддитивной погрешности СИ  
(А - систематической, Б – случайной)

Продолжение приложения Д

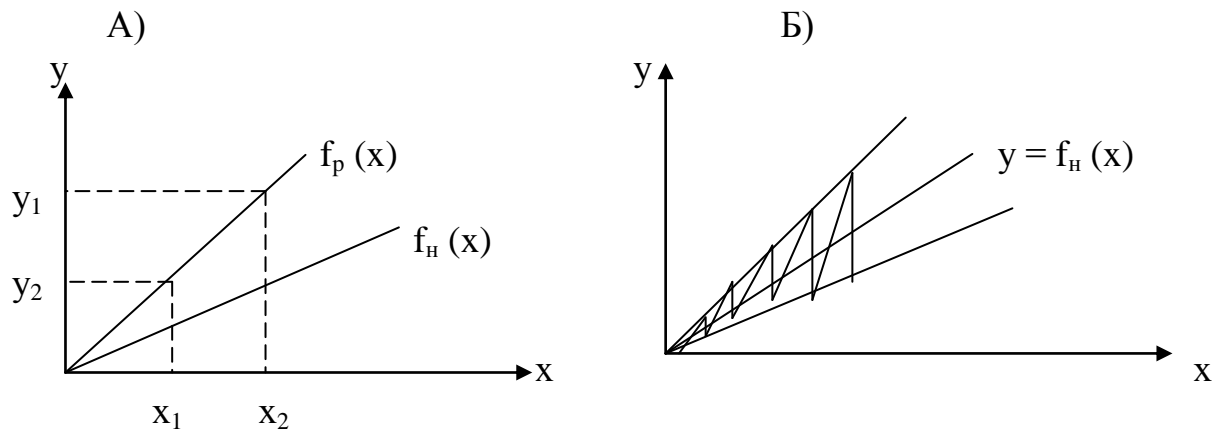


Рисунок Д.3 – График мультипликативной погрешности СИ  
(А - систематической, Б – случайной)

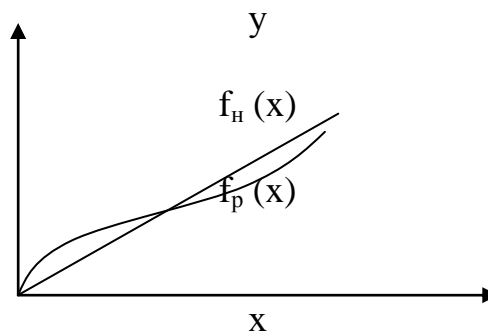


Рисунок Д.4 – График погрешности линейности СИ

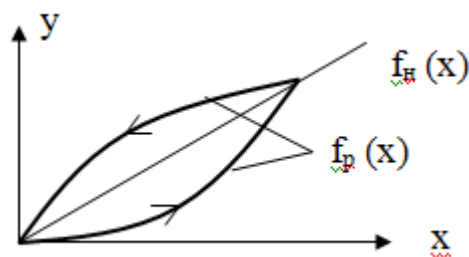


Рисунок Д.5 – График погрешности гистерезиса СИ

## Список литературы

- 1 Метрология, стандартизация и сертификация в энергетике/ под ред. А. Зайцева. – М., 2009.
- 2 Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высшая школа, 2008.
- 3 Герасимова Е.Б. Метрология, стандартизация и сертификация. – М., 2008.
- 4 Дубовой Н.Д. Основы метрологии, стандартизации, сертификации. – М., 2008.
- 5 Хан С.Г. Метрология, измерения и техническое регулирование. Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2009.
- 6 Хан С.Г. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов всех форм обучения специальности 5В070200 - Автоматизация и управление. – Алматы: АУЭС, 2015. – 43 с.
- 7 Хан С.Г. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В070200 - Автоматизация и управление. – Алматы: АУЭС, 2015. – 66 с.
- 8 Батоврин В.К. Lab View: практикум по основам измерительных технологий. – ДМК пресс М., 2005.
- 9 Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация. – М., 2008.
- 10 ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения, Часть 3. «Руководство по выражению неопределенности измерения».
- 11 Закон РК «Об обеспечении единства измерений». – Астана, 2000.
- 12 Закон РК «О техническом регулировании». – Астана, 2004.



Светлана Гурьевна Хан

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
КАЧЕСТВОМ

Конспект лекций  
(для студентов всех форм обучения специальности  
5В070200 - Автоматизация и управление)

Редактор  
Специалист по стандартизации

Н.К. Молдабекова

Подписано в печать \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .  
Тираж 50 экз.  
Объем \_\_\_\_ уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16  
Бумага типографская №1  
Заказ \_\_\_\_ . Цена тг.

Копировально-множительное бюро  
некоммерческого акционерного общества  
«Алматинский университета энергетики и связи»  
050013, Алматы, Байтурсынова, 126