



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**
(ДГТУ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
для изучения
дисциплины
«Процессы создания и эксплуатации измерительной техники»
для обучающихся по направлению подготовки

27.04.01 Стандартизация и метрология

профиль магистратуры «Метрологическое обеспечение технологических
процессов и производств»
2022 года набора

Ростов-на-Дону
2022

ГЛАВА 1. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Понятие о средстве измерений

В соответствии с РМГ 29-2013 [2], **средство измерений СИ** (measuring instrument): техническое средство, предназначенное для **измерений**, имеющее **нормированные** (установленные) **метрологические характеристики**.

Примечание. За основу взято определение из РМГ 29-99 [2], которое отлично от определения, приведенного в Международном словаре по метрологии (VIM 3) [17].

Если измерение связано с передачей размера единицы другим средствам измерений, то средство измерений называется мерой. Меры входят в состав эталонов единиц физических величин. Различают однозначные и многозначные меры.

В ином случае, если измерение не связано с передачей размера единицы другим средствам измерений, средство измерений называется рабочим.

Средство измерений характеризуется:

- видом измеряемой физической величины (ФВ),
- принципом измерения,
- методом измерения,
- статическими и динамическими характеристиками,
- условиями применения,
- показателями точности.

В средстве измерения реализуется последовательность преобразований физической величины.

Тип средства измерений – совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации.

Вид средства измерений – совокупность средств измерений, предназначенных для измерения данной физической величины. Вид СИ может включать в себя несколько их типов.

Например, вид средств измерений температуры – термометр, а типы средств измерений температуры – термопара, термометр сопротивления.

Метрологическая сущность СИ заключается в умении хранить (или воспроизводить) единицу ФВ и в неизменности размера хранимой единицы во времени. Первое определяет возможность выполнения измерения, суть которого, как известно, состоит в сравнении измеряемой величины с ее единицей. Второе принципиально необходимо, поскольку при изменении размера хранимой единицы ФВ с помощью данного СИ нельзя получить результат с требуемой точностью.

Средство измерений является обобщенным понятием, объединяющим разнообразные конструктивно законченные устройства, которые реализуют одну из двух функций:

- воспроизводят величину заданного (известного) размера, например, гиря – заданную массу, магазин сопротивлений – ряд дискретных значений сопротивления;
- вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины. Показания СИ либо непосредственно воспринимаются органами чувств человека (например, показания стрелочного или цифрового приборов), либо они недоступны восприятию человеком и используются для преобразования другими СИ.

Последняя функция, являющаяся основной, может быть реализована только посредством измерения. Очевидно, что СИ должны содержать устройства (блоки, модули), которые выполняют эти элементарные операции. Такие устройства называются *элементарными средствами* измерений. В их число входят измерительные преобразователи, меры и устройства сравнения (компараторы) [2].

Измерительный преобразователь – это техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины X в другую величину или измерительный сигнал X_1 , удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи [2]. *Информативным параметром входного сигнала* СИ является параметр входного сигнала,

функционально связанный с измеряемой величиной и используемый для передачи ее значения или являющийся самой измеряемой величиной.

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

Устройство сравнения – это техническое средство, дающее возможность выполнять сравнение выходных сигналов мер однородных величин или же показаний измерительных приборов [16].

Обобщенная структурная схема СИ показана на рис. 1.1 [18]. Входным сигналом является измерительный сигнал, один из параметров которого однозначно связан с измеряемой ФВ:

$$X = X\{a_0[\Psi(t)], a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad (1.1)$$

где a_0 – информативный параметр входного сигнала; $\Psi(t)$ – измеряемая ФВ; a_1, a_2, \dots, a_n – неинформативные параметры входного сигнала. *Неинформативным параметром входного сигнала СИ* называется параметр, не используемый для передачи значения измеряемой величины.

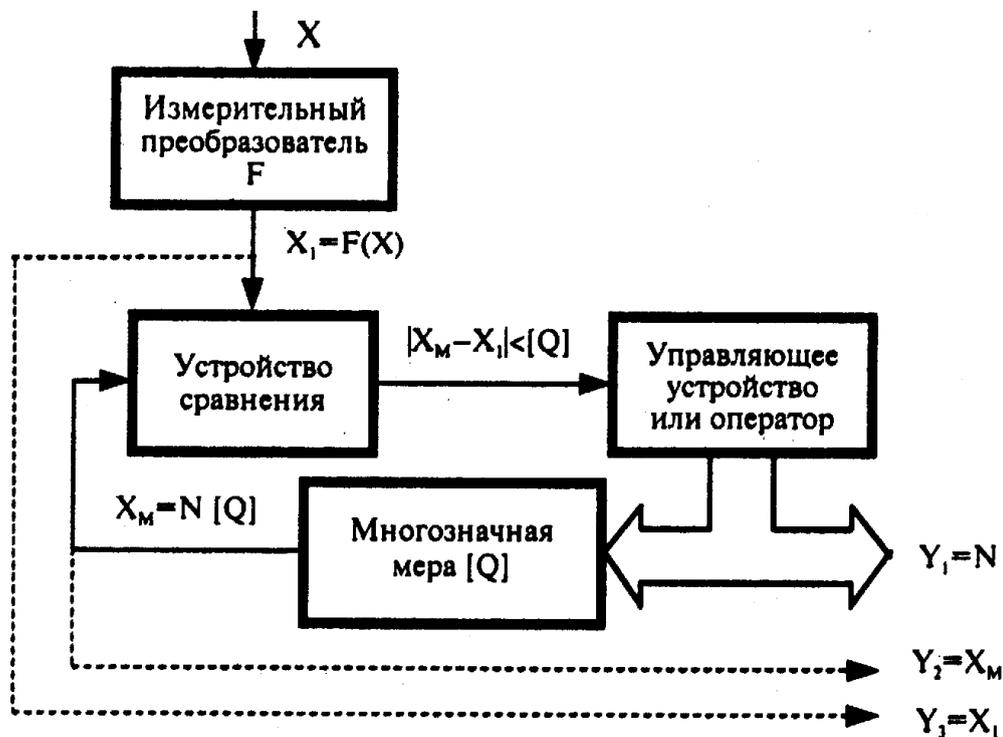


Рис. 1.1. Обобщенная структурная схема средства измерения

Входным сигналом X является измерительный сигнал, один из параметров которого однозначно связан с измеряемой ФВ. Входной сигнал преобразуется измерительным преобразователем в пропорциональный ему сигнал X_1 . Следует отметить, что преобразователь может отсутствовать, тогда входной сигнал будет подаваться непосредственно на один из входов устройства сравнения.

Сигнал со входа измерительного преобразователя поступает на первый вход устройства сравнения, на второй вход которого подается известный сигнал с выхода многозначной меры. Роль меры могут выполнять самые разные устройства. Например, при взвешивании на весах мерой являются гири с известным весом. Во многих простых СИ роль меры выполняют отсчетные шкалы, предварительно проградуированные в единицах измеряемой величины. К таким средствам измерений относятся линейка, термометр, электромеханические вольтметры и др. Значение выходной величины многозначной меры изменяется в зависимости от величины цифрового кода N , который условно считается ее входным сигналом. Изменение кода осуществляется оператором (например, при взвешивании на весах) или автоматически. Так как цифровой код – величина дискретная, то и выходной сигнал меры изменяется ступенями – квантами, кратными единице сравниваемых величин.

Сравнение измеряемой и известной величин осуществляется при помощи устройства сравнения. Роль последнего в простейших СИ, имеющих отсчётные шкалы, выполняет человек. Например, при измерении длины тела он сопоставляет её с многозначной мерой – линейкой и находит количество N квантов меры, равное с точностью до кванта измеряемой длине. Устройство сравнения дает информацию о том, какое значение выходного сигнала многозначной меры должно быть установлено автоматически или при участии оператора. Процесс измерения прекращается при достижении равенства между величинами X_1 и X_M с точностью до кванта $[Q]$.

Выходным сигналом может служить один из трех сигналов: Y_1, Y_2, Y_3 . Если выходной сигнал предназначен для непосредственного восприятия человеком, то его роль выполняет сигнал $Y_1 = N$. В данном случае код N является привычным для человека десятичным кодом. Если же выходной сигнал СИ предназначен для применения в других средствах измерения, то

в качестве него может быть использован любой из трех сигналов: Y_1, Y_2, Y_3 . Первый из них при этом является цифровым, как правило, двоичным кодом, который «понимают» входные цифровые устройства последующих СИ. Аналоговый сигнал Y_2 квантован по уровню и представляет собой эквивалент цифрового кода N , а СИ в этом случае предназначено для воспроизведения ФВ заданного размера и состоит только из одного блока – многозначной меры. Сигнал Y_3 представляет собой измерительное преобразование входного сигнала X , СИ при этом используется только как измерительный преобразователь, а остальные его блоки отсутствуют.

Таким образом, структурная схема, показанная на рис. 1.1, описывает три возможных варианта:

1. СИ включает все блоки и вырабатывает сигнал Y_1 , доступный восприятию органами чувств человека. Возможно формирование выходных сигналов Y_2 и Y_3 , предназначенных только для преобразования другими СИ;
2. СИ состоит только из измерительного преобразователя, выходной сигнал которого равен Y_3 ;
3. СИ содержит только меру, выходной сигнал которой равен Y_2 .

В общем случае выходной сигнал $Y(X)$ описывается выражением $Y = Y\{b_0[X], b_1, b_2, \dots, b_m, S_1, S_2, \dots, S_l, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k\}$, где $b_0[X]$ – *информативный параметр выходного сигнала*, функционально связанный с информативным параметром входного сигнала (1.1); b_1, b_2, \dots, b_m – *неинформативные параметры выходного сигнала*; S_1, S_2, \dots, S_l – *параметры СИ, зависящие от его методической и аппаратной реализации*; $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$ – *влияющие величины*. *Неинформативным параметром выходного сигнала СИ* называется параметр, не используемый для передачи или индикации значения информативного параметра входного сигнала [19].

Средства измерений могут работать в двух режимах: статическом и динамическом. *Статический режим* – это такой режим работы СИ, при котором изменением измеряемой величины за время, требуемое для проведения одного измерения, можно пренебречь. В *динамическом*

режиме такое пренебрежение недопустимо, поскольку указанное изменение превышает допустимую погрешность.

1.2. Классификация средств измерений

Средства измерения, используемые в различных областях науки и техники, чрезвычайно многообразны. Однако для этого множества можно выделить некоторые общие признаки, присущие всем СИ независимо от области применения. Эти признаки положены в основу различных классификаций СИ, которые рассмотрены далее [18].

По *роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений*, СИ делятся на:

- *метрологические*, предназначенные для метрологических целей – воспроизведения единицы и (или) хранения или передачи размера единицы;
- *рабочие*, применяемые для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

По *уровню автоматизации* все СИ делятся на три группы:

- *неавтоматические*;
- *автоматизированные*, производящие в автоматическом режиме одну или часть измерительной операции;
- *автоматические*, производящие без непосредственного участия человека измерения и все операции, связанные с обработкой их результатов (регистрацией), передачей данных или выработкой управляющих сигналов.

По *уровню стандартизации* средства измерений подразделяются на:

- *стандартизованные*, изготовленные в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта;
- *не стандартизованные* (уникальные), предназначенные для решения специальной измерительной задачи, в стандартизации требований к которым нет необходимости.

По *отношению к измеряемой физической величине* средства измерения делятся на:

- *основные* – это СИ той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей;
- *вспомогательные* – это СИ той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерения

необходимо учесть для получения результатов измерения требуемой точности.

Классификация *по роли в процессе измерения и выполняемым функциям* является основной и представлена на рис. 1.2 [18].

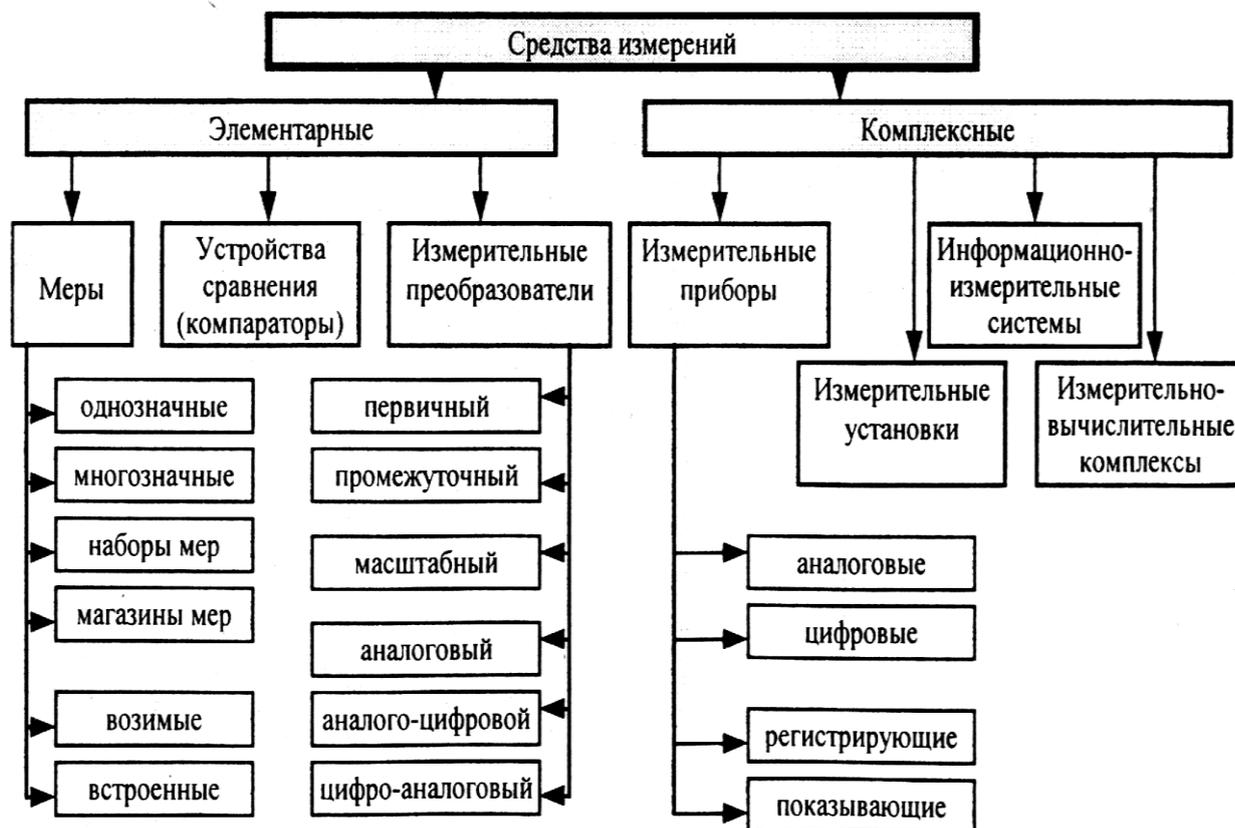


Рис. 1.2. Классификация средств измерений по их роли в процессе измерения и выполняемым функциям

Измерительный преобразователь или входит в состав какого-либо прибора, установки, системы, или же применяется вместе с каким-либо средством измерений. По расположению в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи.

Первичный преобразователь – измерительный прибор, на который непосредственно воздействует ФВ.

Датчик (или детектор) – конструктивно обособленный первичный преобразователь.

Преобразователь, в котором под воздействием ФВ генерируется собственный электрический сигнал, называют **генераторным**, а

преобразователь, в котором имеется внешний источник питания - **параметрическим**.

Все многообразие датчиков может быть описано ограниченным числом измерительных преобразователей, объединенные в структурные схемы:

- прямого преобразования,
- уравнивающего преобразования с обратной связью,
- уравнивающего преобразования с разветвленной цепью.

Из анализа структурных схем могут быть получены уравнения измерения и функция преобразования.

Зависимость вида $Y = F(X)$ называют **функцией преобразования датчика** (в РМГ 29-2013 [2] это соотношение определено как **функция измерений**), которая описывает свойства датчика по выходному сигналу в заданном диапазоне измеряемой ФВ. При разработке и проектировании датчика необходимо исследовать функции преобразования.

Наиболее общие свойства цепи преобразований: суммарная чувствительность равна произведению чувствительностей последовательно включаемых преобразователей или сумме чувствительностей параллельно включаемых преобразователей.

При применении датчика осуществляется процедура восстановления значения ФВ по выходному сигналу, т.е. определение X как функции Y . С этой целью должна быть известна зависимость $X = F^{-1}(Y)$, которая называется **градуировочной характеристикой**. Функция F^{-1} – функция, обратная F . Наличие градуировочной характеристики позволяет установить шкалу прибора в единицах ФВ.

При функции преобразования, носящей линейный характер $Y = aX$, градуировочная характеристика будет также линейна $X = a^{-1}Y$. Если функция преобразования носит более сложный характер, то могут возникнуть трудности и с получением обратной функции преобразования (градуировочной характеристики), и с восстановлением модели погрешности СИ (погрешность по входу, т.е. по X) по исследованной при разработке датчика погрешности преобразования (погрешности по выходу, т.е. по Y). На практике для рабочих СИ эта проблема решается при их первичной поверке или аттестации. В процедуре поверки используют эталон ФВ. Показания СИ в единицах ФВ сравниваются с эталоном, их различия определяют погрешность СИ.

СИ должно иметь **нормированные метрологические характеристики**, к наиболее важным относят:

- **статическую функцию преобразования (прямую и/или обратную),**
- **динамические характеристики,**
- **диапазон измерений,**
- **погрешности.**

Измерительный сигнал от первичного преобразователя должен быть преобразован (усилен, отфильтрован и т.п.), передан и зарегистрирован. Эти функции выполняют элементы измерительной цепи.

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

Измерительная информационная система (ИИС) - совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, вычислительных и других вспомогательных средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта с целью измерений одной или нескольких ФВ, свойственных этому объекту, преобразования и представления измерительной информации в требуемом виде, либо с целью автоматического осуществления логических функций контроля, диагностики, идентификации.

В зависимости от **выполняемых функций** ИИС разделяют на:

- измерительные (ИС),
- автоматического контроля (САК),
- технической диагностики (СТД),
- распознавания (идентификации) образов (СРО).

По **организации алгоритма функционирования** ИИС различают:

- системы с заданным алгоритмом,
- программируемые,
- адаптивные.

К измерительным системам относят ИИС, в которых преобладает функция измерения и незначительны или отсутствуют функции обработки и хранения.

Основные элементы ИС:

- первичный измерительный преобразователь (датчик),
- элемент сравнения,
- мера,
- устройство выдачи результата.

Системы автоматического контроля осуществляют автоматический контроль состояния объекта. Существуют системы непрерывного и дискретного контроля.

Системы технической диагностики осуществляют диагностику состояния или прогноз поведения объекта. STD довольно сложны, как в алгоритмах функционирования, так и в алгоритмах обработки и интерпретации результатов измерений.

В законе № 102-ФЗ (статья 2) [20] введен термин **технические системы и устройства с измерительными функциями** – технические системы и устройства, которые наряду с их основными выполняют измерительные функции.

В РМГ 29-2013 [2] введено более широкое понятие: **средства измерительной техники**, охватывающее технические средства, специально предназначенные для измерений.

К средствам измерительной техники относят:

- средства измерений,
- эталоны,
- измерительные системы,
- измерительные установки,
- измерительные принадлежности,
- средства сравнения,
- стандартные образцы и др.

1.3. Метрологические характеристики средств измерений

При использовании средств измерений принципиально важно знать степень соответствия информации об измеряемой величине, содержащейся в выходном сигнале, ее истинному значению. С этой целью для каждого СИ вводятся и нормируются определенные **метрологические характеристики (МХ)**. Метрологическими называются характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности. Характеристики, устанавливаемые нормативными

документами, называются *нормируемыми*, а определяемые экспериментально – *действительными*. Номенклатура МХ, правила выбора комплексов, нормируемых МХ для средств измерений и способы их нормирования определяются стандартом ГОСТ 8.009–84 [28]. Подробные комментарии к этому документу приведены в [29].

Метрологические характеристики СИ позволяют:

- определять результаты измерений и рассчитывать оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерения в реальных условиях применения СИ;
- рассчитывать МХ каналов измерительных систем, состоящих из ряда средств измерений с известными МХ;
- производить оптимальный выбор СИ, обеспечивающих требуемое качество измерений при известных условиях их применения;
- сравнивать СИ различных типов с учетом условий применения.

При разработке принципов выбора и нормирования средств измерений необходимо придерживаться следующих положений [20, 31, 32]:

1. Основным условием возможности решения всех перечисленных задач является наличие однозначной связи между нормированными МХ и инструментальными погрешностями. Эта связь устанавливается посредством математической модели инструментальной составляющей погрешности, в которой нормируемые МХ должны быть аргументами.

2. Нормирование МХ средств измерений должно производиться исходя из единых теоретических предпосылок. Это связано с тем, что в измерительных процессах могут участвовать СИ, построенные на различных принципах.

3. Нормируемые МХ должны быть выражены в такой форме, чтобы с их помощью можно было обоснованно решать практически любые измерительные задачи и одновременно достаточно просто проводить контроль СИ на соответствие этим характеристикам.

4. Нормируемые МХ должны обеспечивать возможность статистического объединения, суммирования составляющих инструментальной погрешности измерений. В общем случае она может быть определена как сумма (объединение) следующих составляющих погрешности:

- $\Delta_0(t)$, обусловленной отличием действительной функции преобразования в нормальных условиях от номинальной, приписанной соответствующими документами данному типу СИ. Эта погрешность называется основной;

- Δ_{cj} , обусловленной реакцией СИ на изменение внешних влияющих величин и неинформативных параметров входного сигнала относительно их номинальных значений. Эта погрешность называется дополнительной;
- Δ_{din} , обусловленной реакцией СИ на скорость (частоту) изменения входного сигнала. Эта составляющая, называемая динамической погрешностью, зависит и от динамических свойств СИ, и от частотного спектра входного сигнала;
- Δ_{int} , обусловленной взаимодействием СИ с объектом измерений или с другими СИ, включенными в измерительную систему.

Первые две составляющие представляют собой статическую погрешность СИ, а третья – динамическую. Из них только основная погрешность определяется свойствами СИ. Дополнительная и динамическая погрешности зависят как от свойств самого СИ, так и от некоторых других причин (внешних условий, параметров измерительного сигнала и др.).

5. Нормируемые МХ должны быть инвариантны к условиям применения и режиму работы СИ и отражать только его свойства.

6. Нормируемые МХ, приводимые в нормативной документации, отражают свойства не отдельно взятого экземпляра СИ, а всей совокупности СИ этого типа, т.е. являются номинальными.

Перечень нормируемых МХ делится на шесть основных групп, которые приведены на рис. 1.3.

Для определения **результатов измерений** должны быть известны следующие МХ:

- **Функция преобразования $F(X)$** . Данная функция нормируется для измерительных преобразователей и приборов с неименованной шкалой или со шкалой, отградуированной в единицах, отличных от единиц входной величины. Задается в виде формулы, таблицы или графика и используется для определения значений измеряемой величины X в рабочих условиях применения СИ по известному значению информативного параметра его выходного сигнала.
- **Значение одно- (Y) или многозначной (Y_i) меры**. Для этих характеристик нормируются номинальные или индивидуальные значения. Они используются для устройств, применяемых в качестве мер.

- **Цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры.** Нормирование цены деления производится для показывающих приборов с равномерной шкалой, функция преобразования которых отображается на именованной шкале. При неравномерной шкале нормируется минимальная цена деления.
- **Характеристики цифрового кода, используемого в СИ и их элементах.** К ним относятся: вид выходного кода, число его разрядов, цена единицы младшего разряда. Эти характеристики нормируются для цифровых приборов.



Рис. 1.3. Номенклатура метрологических характеристик средств измерений

Метрологические характеристики погрешностей СИ, приведенные на рис. 1.3 [18], описывают погрешности, обусловленные собственными свойствами СИ в нормальных условиях эксплуатации. Суммарное значение этих погрешностей образует основную погрешность СИ.

Основные статические метрологические характеристики средства измерений:

- функция преобразования;
- чувствительность
(дифференциальная $s = dY / dX$ и суммарная $S = \Delta Y / \Delta X$);
- диапазон измерений по входу ΔX ;
- диапазон показаний по выходу ΔY ;

- порог чувствительности (срабатывания);
- вариация (разность показаний при прямом и обратном ходе);
- погрешность;
- импедансы (входной и выходной);
- функция влияния (воздействие влияющих величин).

Динамические метрологические характеристики описывают установившиеся режимы работы СИ при переменных входных сигналах. Различают полные и частные динамические характеристики по степени полноты описания математической модели динамических свойств. Полные динамические характеристики могут быть выражены одна через другую.

Динамические характеристики разделяются по **режимам работы датчика**:

- **частотные** динамические характеристики - установившийся режим работы СИ (измерение переменного гармонического сигнала);
- **временные** динамические характеристики - переходной режим работы СИ (измерение меняющегося аperiodического сигнала (скачок, рост, снижение)).

Полные динамические характеристики: переходная, импульсная переходная, амплитудно-фазовая, амплитудно-частотная, совокупность амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик, передаточная функция.

Частные динамические характеристики: время реакции, коэффициент демпфирования, постоянная времени, значение амплитудно-частотной характеристики на резонансной частоте, собственная частота, максимальная частота измерений.

Хотя метрологические характеристики, введенные ГОСТ 8.009–84 [28], достаточно полно описывают свойства СИ, на практике до сих пор широко распространены приборы, характеристики точности которых нормированы на основе классов точности.

1.4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «средство измерений» и определите метрологическую сущность СИ.
2. Поясните, что такое элементарные СИ, приведите примеры таких СИ.
3. Поясните, чем СИ отличается от измерительного преобразователя.
4. Определите отличия и сходства между измерительным преобразователем, устройством сравнения и мерой.
5. Из каких блоков состоит обобщенная структурная схема СИ?
6. Запишите в общем виде выражение для выходного сигнала. Поясните качественные отличия параметров выходного сигнала.
7. Проведите классификацию СИ по роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений и по уровню автоматизации.
8. Проведите классификацию СИ по роли в процессе измерения и выполняемым функциям.
9. Определите градуировочную характеристику СИ.
10. Как называются характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности?
11. Какой документ определяет номенклатуру метрологических характеристик, правила выбора комплексов нормируемых метрологических характеристик для СИ и способы их нормирования?
12. Какие метрологические характеристики должны быть известны для определения результатов измерений?
13. Перечислите основные группы нормируемых метрологических характеристик СИ.
14. Перечислите основные статические метрологические характеристики СИ.
15. Перечислите динамические метрологические характеристики СИ.

ГЛАВА 2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Основные термины в области метрологического обеспечения

ГОСТ Р 8.820-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения» [21] устанавливает основные положения метрологического обеспечения измерений, которые выполняются при разработке, производстве, испытаниях и эксплуатации продукции при осуществлении различных видов работ, как в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, так и вне этой сферы.

Метрологическое обеспечение измерений регулирует ГОСТ Р 8.820-2013 [21], а также разработанные на основе этого стандарта отраслевые и корпоративные стандарты, стандарты предприятий и другие нормативные и методические документы.

В ГОСТ Р 8.820-2013 [21] приведены основные термины в области метрологического обеспечения измерений:

измерительная информация: Информация о количественных значениях измеряемой величины, обладающая свойствами, необходимыми для принятия управляющих решений.

полнота измерительной информации: Свойство измерительной информации, определяющее её достаточность для понимания состояния наблюдаемого объекта или явления и принятия необходимого управляющего решения.

достоверность измерительной информации: Свойство измерительной информации - быть правильно воспринятой и однозначно интерпретированной для принятия управляющих решений.

своевременность измерительной информации: Свойство измерительной информации, которое состоит в том, что она поступает в момент, обеспечивающий время, необходимое для принятия и реализации управляющего решения.

актуальность измерительной информации: Свойство измерительной информации, определяющее её важность, значительность в момент принятия управляющего решения.

метрологическое обеспечение измерений, МОИ: Систематизированный, строго определенный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние.

метрологическое обеспечение объекта: Метрологическое обеспечение измерений, выполняемых на объекте.

объект метрологического обеспечения: Любой материальный объект или система, или их составляющие (процессы, явления, события) с целью определения состояния которых выполняется логически завершенная совокупность измерений, позволяющая получать измерительную информацию, необходимую для выработки решений по приведению объекта в желаемое состояние.

метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ: Совокупность операций, выполняемых с целью подтверждения пригодности элементов МОИ к решению конкретной задачи измерений в конкретных условиях.

2.2. Предмет и цель метрологического обеспечения измерений

Предметом метрологического обеспечения измерений являются измерения, которые выполняются при:

- производстве и эксплуатации продукции;
- проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- проведении экспериментов и испытаний изделий;
- проведении профилактики и диагностики;
- лечении болезней;
- контроле условий труда и безопасности;
- учете материальных ценностей и ресурсов;
- осуществлении других видов работ и оказании услуг.

Целью метрологического обеспечения измерений является создание условий для получения измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми и достаточными для выработки определенных решений как в областях деятельности, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, так и вне этой сферы [21].

2.3. Метрологическое обеспечение объектов. Классификация

Классификация метрологического обеспечения объектов проводится по следующим признакам:

- тип деятельности;
- сфера деятельности;
- характер объекта;
- организационная форма объекта.

Тип деятельности

По **типу деятельности** метрологическое обеспечение может быть направлено на обеспечение выполнения работ или оказание услуг, являющихся объектами гражданского права.

Классификация по типу деятельности, во-первых, позволяет конкретизировать работы по метрологическому обеспечению объекта и, во-вторых, ограничить возможный круг требований к ним.

При выполнении работ деятельность по метрологическому обеспечению может осуществляться как в отношении процессов, так и в отношении продукции. Контроль процесса и контроль его результата в этом случае могут являться альтернативными или могут дополнять друг друга.

Понятия «процесс» и «продукция» определены в ГОСТ ISO 9000-2011 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» [22]:

- процесс - действия, направленные на достижение материального результата,

- продукция - материальный результат процесса.

Сфера деятельности

Метрологическое обеспечение объектов определяется характером самого объекта, который зависит от **сферы деятельности**, характера решаемых задач и требуемых процессов измерений.

Примеры: в машиностроении – испытания продукции, в строительстве – геодезические измерения, в автомобилестроении – контроль состояния автотранспортных средств и т.д.

Сферы деятельности, на которые распространяется государственное регулирование обеспечения единства измерений, определены Федеральным законом № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений" [20] (статья 1, часть 3). Удобная для практического применения классификация МО объектов по сферам деятельности уточняет потребность в МО и способы метрологического подтверждения пригодности элементов МОИ.

Потребность в МО объекта – суммарное количество процессов измерений, требующих МО, которые необходимы для функционирования объекта управления с заданными показателями качества.

Характер объекта

По характеру объекта выделяют метрологическое обеспечение следующих работ или услуг:

- научно-исследовательские;
- опытно-конструкторские;
- технологические;
- по испытанию оборудования, процессов, продукции;
- по контролю условий, процессов, продукции;
- по измерениям, испытаниям, контролю в процессе производства продукции или оказания услуг;
- по измерениям, испытаниям, контролю в процессе эксплуатации продукции;
- по измерениям, испытаниям, контролю в процессе ремонта технических устройств и систем;
- по измерениям, испытаниям, контролю в процессе утилизации продукции.

Характер объекта и сфера деятельности определяют перечень задач

по метрологическому обеспечению объекта и набор элементов метрологического обеспечения измерений, а также состав критериев и методологию оценки уровня метрологического обеспечения объекта.

Уровень метрологического обеспечения объекта - качественная характеристика совокупности свойств метрологического обеспечения объекта, отражающая степень удовлетворения потребности в метрологическом обеспечении объекта (определяется в соответствии с процедурой оценки качества функционирования объекта).

Организационная форма объекта

С точки зрения организационной формы объектами метрологического обеспечения могут выступать:

- структурные подразделения предприятия (организации);
- предприятия (организации);
- объединения предприятий и организаций (научно-производственные объединения, концерны, холдинги, корпорации и др.).

На практике иногда используются понятия: метрологическое обеспечение предприятия (цеха, участка), метрологическое обеспечение объединения и др. Необходимо учитывать, что "метрологическое обеспечение цеха" - это метрологическое обеспечение всех измерительных процессов, осуществляемых в цеху. Для более крупных организационных форм объектов, например, объединения - это совокупное метрологическое обеспечение всех предприятий, входящих в объединение.

2.4. Элементы и процессы метрологического обеспечения измерений

Метрологическое обеспечение измерений – это совокупность элементов и процессов, необходимых для получения измерительной информации с заданными свойствами.

Элементы метрологического обеспечения измерений:

- эталоны, единицы величин и шкалы измерений;
- поверочные и калибровочные установки;
- средства измерений, стандартные образцы;
- вспомогательное оборудование;
- методики (измерений, поверки, калибровки, испытаний, контроля, аттестации, метрологической экспертизы);

- операторов (специалистов, выполняющих измерения, поверителей, калибровщиков, испытателей и др.);
- условия измерений (испытаний, поверки, калибровки и др.).

Процессы метрологического обеспечения измерений:

- проектирование метрологического обеспечения измерений, включая установление требований к показателям точности и полноте, достоверности, своевременности и актуальности измерительной информации; выбор принципов, методов и методик измерений; выбор элементов метрологического обеспечения;
- метрологическое подтверждение пригодности элементов метрологического обеспечения измерений установленным требованиям, в том числе испытания в целях утверждения типа средств измерений, поверку и калибровку средств измерений, аттестацию методик измерений, метрологическую экспертизу технической документации и др.;
- подготовительные и вспомогательные работы, связанные с проектированием метрологического обеспечения измерений, метрологическим подтверждением пригодности элементов и поддержанием функционирования системы метрологического обеспечения.

Показатели точности результатов измерений: неопределенность, характеристики погрешности, показатели правильности и прецизионности.

Неопределенность указывают в соответствии с ГОСТ Р 54500.3 [23], характеристики погрешности - по рекомендациям [24] и [25], показатели правильности и прецизионности - по ГОСТ Р ИСО 5725-1 [26].

Неопределенность (измерения) [uncertainty (of measurement)]: параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Неопределенность результата измерения отражает отсутствие точного знания значения измеряемой величины. Результат измерения после внесения в него поправки на известные систематические эффекты остается только оценкой значения измеряемой величины, поскольку содержит неопределенности, связанные со случайными эффектами и неточностью поправки результата на систематические эффекты.

2.5. Создание и поддержание функционирования системы метрологического обеспечения измерений

Метрологическое обеспечение объекта должно реализоваться на протяжении всего его жизненного цикла. Система метрологического обеспечения измерений – это комплекс организационных форм, методических приемов и материальных объектов.

Существует несколько **этапов работ** по созданию и поддержанию функционирования системы МОИ.

Первый этап: планирование и определение требований к измерениям, испытаниям, контролю с целью достижения желаемого уровня производительности и качества при производстве продукции (оказании услуг).

На первом этапе определяют:

- состав жизненного цикла продукции (услуги) и характер деятельности, соответствующий каждому этапу жизненного цикла;
- состав критериев и методологию оценки уровня МО для каждого этапа жизненного цикла и для системы МОИ в целом;
- совокупность требований к измерениям, испытаниям, контролю, необходимых для каждого этапа жизненного цикла продукции (услуги).

Данные работы выполняются метрологами совместно с другими службами предприятия. Метрологические требования к измеряемым величинам могут быть заданы в действующих нормативных правовых или методических документах.

Второй этап: проектирование и разработка процессов измерений.

На втором этапе осуществляют выбор процессов измерений, а также проектирование и разработку элементов МОИ, с учётом установленных на первом этапе требований.

На втором этапе проводят:

- моделирование процессов измерений, учитывают характеристики реальных условий, в которых будут выполняться измерения, испытания и контроль;
- оценивают риски, связанные с несвоевременным получением, неполнотой и недостоверностью измерительной информации;
- устанавливают требования к метрологической прослеживаемости результатов измерений.

Для выработки требований к элементам МОИ необходимо использовать следующие *показатели точности*:

неопределенность по ГОСТ Р 54500.3 [23],

характеристики погрешности по рекомендациям [24] и [25],

показатели правильности и прецизионности по ГОСТ Р ИСО 5725-1 [26],

характеристики, влияющие на полноту, достоверность, своевременность и актуальность измерительной информации.

Недопустимо использовать качественные формулировки метрологических характеристик типа "требуемая точность средств измерений".

При выборе элементов МОИ учитываются требования потребителей, требования национального законодательства и ресурсные возможности организации согласно ГОСТ Р ИСО 10012 [27].

Третий этап: метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ.

Третий этап включает в себя:

- утверждение типа, аттестацию (поверку или калибровку) эталонов;
- утверждение типа, поверку или калибровку средств измерений и стандартных образцов;
- оценку соответствия вспомогательного оборудования установленным требованиям;
- метрологическую аттестацию методик измерений (испытаний, контроля);
- метрологическую экспертизу документов по планированию и разработке процессов измерений (контроля, испытаний);
- оценку квалификации и необходимого опыта работы операторов;
- контроль условий выполнения измерений.

Метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ включает в себя *метрологическую экспертизу*.

Цель метрологической экспертизы - анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к решениям, принятым при проектировании и разработке системы метрологического обеспечения.

Содержание метрологической экспертизы должно отражаться в соответствующих документах: национальных стандартах, корпоративных стандартах, стандартах предприятия и др.

Поверка или калибровка средств измерений, аттестация испытательного оборудования, постоянный контроль за получением результатов выполняется в процессе функционирования системы МОИ.

В таблице приведены основные нормативные документы РФ и международных организаций, регламентирующие метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ.

Таблица 2.1

Нормативные документы РФ и международных организаций

Система испытаний и утверждения типа средств измерений	
Российская Федерация	Международные организации
<ol style="list-style-type: none"> 1. Порядок проведения испытаний стандартных образцов и средств измерений в целях утверждения типа..., утвержден Приказом Минпромторга №1081 от 30.11.2009 г. 2. ПР 50.2.011-94 «ГСИ. Порядок ведения государственного реестра средств измерений» 3. ПР 50.2.020-2007 «ГСОЕИ. Государственный реестр утвержденных типов стандартных образцов. Порядок ведения» 	<ol style="list-style-type: none"> 1. МОЗМ МД 19 «Испытания типа и утверждение типа СИ», 1988 г. 2. МОЗМ МД 3 «Юридическая квалификация СИ законодательным требованиям», 1982 г. 3. ИСО/МЭК 25, 1990 г., 4. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. 5. ИСО/МЭК 58, 1993 г.
Поверочная деятельность	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Порядок проведения поверки средств измерений, утв. Приказом Минпромторга № 1815 от 02.07.2015 г. 2. ПР 50.2.007-2001 «ГСИ. Поверительные клейма» 3. ПР 50.2.012-94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств 	<ol style="list-style-type: none"> 1. МОЗМ МД 27 «Первичная поверка средств измерений с использованием системы управления качеством изготовителя», 2001г. 2. МОЗМ МР 42 «Металлические клейма для поверителей» 3. МОЗМ МД 14 «Подготовка

<p>измерений»</p> <p>4. ПР 50.2.014-2002 «ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений»</p> <p>5. МИ 2273-93 «ГСИ. Области использования средств измерений, подлежащих поверке»</p>	<p>кадров по законодательной метрологии. Квалификация. Учебные программы»</p> <p>4. ИСО/МЭК 17025-2017 г. «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»</p> <p>5. МОЗМ МД 12 «Области применения средств измерений, подлежащих поверке», 1986 г.</p>
<p>Государственный метрологический надзор</p>	
<p>1. ГОСТ Р 8.884-2015. ГСИ. Метрологический надзор, осуществляемый метрологическими службами юридических лиц. Основные положения.</p> <p>2. РД СМН 01-2015. Порядок организации деятельности Системы оценки подтверждения компетентности метрологических служб юридических лиц в части осуществления внутреннего метрологического надзора.</p>	<p>1. МОЗМ МД 9 «Принципы метрологического надзора», 2004г.</p>

Четвертый этап: анализ состояния метрологического обеспечения объекта.

Этот этап работ включает в себя:

- выявление удовлетворенности потребителей качеством и стоимостью продукции и услуг и их связи с показателями уровня метрологического обеспечения;
- выявление всех существенных причин снижения показателей уровня метрологического обеспечения и адекватных методов управления этими причинами;
- периодическую оценку показателей уровня метрологического обеспечения.

Пятый этап: принятие решения о совершенствовании системы МОИ.

На данном этапе руководитель, ответственный за состояние метрологического обеспечения, принимает решение о корректирующих и предупреждающих действиях, направленных на совершенствование системы метрологического обеспечения в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10012 [27]. При принятии решения учитывается анализ состояния метрологического обеспечения в организации и подтверждение удовлетворения требований потребителя к продукции и/или процессам.

2.6. Контрольные вопросы

1. Какой ГОСТ регулирует метрологическое обеспечение измерений?
2. На основе какого стандарта разрабатываются отраслевые и корпоративные стандарты, стандарты предприятий и другие нормативные и методические документы в области метрологического обеспечения измерений?
3. Определите предмет и цель метрологического обеспечения измерений.
4. Перечислите признаки классификации метрологического обеспечения объектов.
5. Какой закон определяет сферы деятельности, на которые распространяется государственное регулирование обеспечения единства измерений?
6. Перечислите виды работ или услуг, которые определяются характером объекта.
7. Что отражает уровень метрологического обеспечения объекта?
8. Перечислите объекты метрологического обеспечения с точки зрения их организационной формы.
9. Перечислите элементы метрологического обеспечения измерений
10. Перечислите процессы метрологического обеспечения измерений
11. Перечислите основные этапы работ по созданию и поддержанию функционирования системы МОИ
12. Какие показатели точности используются для выработки требований к элементам МОИ? Какие нормативные документы определяют эти показатели точности?
13. Какие работы проводят для метрологического подтверждения пригодности элементов МОИ.
14. Какие нормативные документы определяют систему испытаний и утверждения типа средств измерений?
15. Какие нормативные документы определяют поверочную деятельность?

ГЛАВА 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ЕЗМЕРЕНИЙ

3.1. Система технического регулирования РФ

Структура системы технического регулирования РФ определена Федеральным законом «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ [33]. Закон включает 48 статей, а его сфера применения регулирует отношения, возникающие при:

- разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;
- применении и исполнении на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также к выполнению работ или оказанию услуг в целях добровольного подтверждения соответствия;
- оценке соответствия.

В законе описаны права и обязанности участников, регулируемых настоящим Федеральным законом отношений.

В 3 статье определены **принципы технического регулирования**:

- применение единых правил установления требований к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;
- соответствие технического регулирования уровню развития национальной экономики, развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;
- независимость органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей, в том числе потребителей;
- единая системы и правила аккредитации;

- единство правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия;
- единство применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок;
- недопустимость ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
- недопустимость совмещения одним органом полномочий по государственному контролю (надзору), за исключением осуществления контроля за деятельностью аккредитованных лиц, с полномочиями по аккредитации или сертификации;
- недопустимость совмещения одним органом полномочий по аккредитации и сертификации;
- недопустимость внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов;
- недопустимость одновременного возложения одних и тех же полномочий на два и более органа государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

Важным нормативно-правовым актом технического регулирования является **технический регламент** - документ, который устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования и принимается:

- международным договором Российской Федерации,
- указом Президента Российской Федерации,
- постановлением Правительства Российской Федерации,
- нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию.

Цели принятия технических регламентов:

- защита жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- охрана окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей;
- обеспечение энергетической эффективности и ресурсосбережения.

Технические регламенты устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие:

- безопасность (излучений; биологическую; взрывобезопасность; механическую; пожарную; производственную; термическую; химическую; электрическую; радиационную);

- электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования;
- единство измерений;
- другие виды безопасности в целях, соответствующих пункту 1 статьи 6 Федерального закона «О техническом регулировании».

Технический регламент должен содержать перечень и/или описание объектов технического регулирования, требования к этим объектам и правила их идентификации в целях применения технического регламента.

Правовые основы системы технического регулирования и ее элементов определены:

Федеральным законом «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ) [33],

Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» (№ 102-ФЗ) [20],

Федеральным законом «О стандартизации» (№ 164-ФЗ) [34],

Федеральным законом «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» (№ 412-ФЗ) [35],

утвержденными *положениями* о:

Федеральном агентстве по техническому регулированию, стандартизации и метрологии,

Национальном органе по стандартизации,

Федеральной службе по аккредитации в национальной системе аккредитации,

а также *положениями* о таких участниках системы технического регулирования, как:

системы сертификации,

органы по сертификации,

испытательные лаборатории,

метрологические службы государственных органов, государственных корпораций, юридических лиц,

национальные метрологические институты,

региональные центры стандартизации и метрологии.

На рис. 3.1 показаны взаимосвязи указанных выше Федеральных законов с элементами системы технического регулирования РФ [1]. Из рисунка видно, что обеспечение единства измерений является важным элементом системы технического регулирования, поскольку обеспечивает установление требований к измерениям и контроль их выполнения (соответствия) в сферах государственного контроля (надзора), подтверждения соответствия, утверждения типа средств измерений, испытаний продукции и др.

7. Лицензирование – в ряде случаев может рассматриваться как особая и специфическая форма оценки соответствия, распространяющаяся на определенные виды деятельности.

8. Государственный контроль (надзор). Рыночная форма.

Подтверждение соответствия - документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров [33].

Формы подтверждения соответствия

1. Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер.

2. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

3. Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

принятия декларации о соответствии;
обязательной сертификации.

Добровольному подтверждению соответствия посвящена Статья 21 ФЗ «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ) [33]. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для установления соответствия документам по стандартизации, системам добровольной сертификации, условиям договоров.

Объекты сертификации, сертифицированные в системе добровольной сертификации, могут маркироваться знаком соответствия системы добровольной сертификации. Объекты, соответствие которых не подтверждено в порядке, установленном настоящим 184-ФЗ, не могут быть маркированы знаком соответствия.

Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и исключительно на соответствие требованиям технического регламента.

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

Форма и схемы обязательного подтверждения соответствия могут устанавливаться только техническим регламентом с учетом степени риска не достижения целей технических регламентов.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу и действуют на всей территории Российской Федерации.

Декларирование соответствия - форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Продукция, соответствие которой требованиям технических регламентов подтверждено, маркируется *знаком обращения на рынке*. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством РФ. Данный знак не является специальным защищенным знаком и наносится в информационных целях.

Система технического регулирования является важной составляющей общей системы регулирования рынка.

Основные группы **форм** регулирования рынка [13]:

Первая группа включает меры, основанные на законодательстве об ответственности изготовителя за качество (Гражданский, Административный и Уголовный Кодексы РФ) и безопасность поставляемой продукции.

Основным принципом организации законодательства является неотвратимость ответственности изготовителя, поставщика или продавца, по вине которых потребителю поступила недоброкачественная продукция, или произошло искажение информации о ее фактических характеристиках.

Указанный принцип также направлен на изъятие из оборота недоброкачественной продукции.

Вторая группа – техническое регулирование, осуществляемое государством для обеспечения соблюдения поставленных целей в области безопасности и предотвращения фальсификации продукции. Применяется для опасной продукции с высокой степенью риска для потребителей. К основным формам этой группы относятся: техническая регламентация и оценка соответствия.

К третьей группе относятся так называемые альтернативные меры. Они имеют более широкое назначение, чем обеспечение безопасности и качества продукции и снижение барьеров для бизнеса. Эти меры включают: добровольно применяемые стандарты на продукцию, работы и услуги, на методы управления (в том числе качеством) и систему добровольной сертификации, страхование ответственности за ущерб, создание саморегулируемых организаций и др.

Сфера государственного регулирования ОЕИ распространяется также на единицы величин, эталоны единиц величин, стандартные образцы и средства измерений, к которым установлены обязательные требования.

Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования, должны выполняться по референтным методикам измерений и другим аттестованным методикам измерений, за исключением методик измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений, с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку.

Подтверждение соответствия методов прямых измерений обязательным метрологическим требованиям к измерениям осуществляется в процессе утверждения типов данных средств измерений. В остальных случаях подтверждение соответствия методик измерений обязательным метрологическим требованием к измерениям осуществляется путем аттестации методик измерений. Результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в РФ.

3.2. Метрологическое обеспечение испытаний

Качество и безопасность продукции, работ и услуг зависят от многих факторов. Наиболее значимым является состояние метрологического обеспечения испытаний продукции. Достоверность результатов испытаний продукции является важнейшей характеристикой их качества и в значительной мере определяется уровнем метрологического обеспечения испытаний.

В целях совершенствования метрологического обеспечения испытаний, проводимых в испытательных лабораториях, необходимо систематически проводить анализ состояния измерений, контроля и испытаний [36].

Действия в этой области регламентируют следующие нормативные документы:

- МИ 2117–90. Рекомендация. ГСИ. Организация метрологического обеспечения при внедрении стандартов ИСО серии 9000;
- МИ 1317–2004. Рекомендация. ГСОЕИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Форма представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроля их параметров;
- МИ 1967–89. Рекомендация. ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения;
- МИ 2240–98. Рекомендация. ГСОЕИ. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, в объединении. Методика и порядок проведения работы;
- МИ 2386–96. Рекомендация. ГСОЕИ. Анализ измерений, контроля и испытаний в центрах (лабораториях), осуществляющих сертификацию продукции и услуг. Методика проведения работы;
- РД СМН 01-2015. Система метрологического надзора (СМН). Порядок организации деятельности. Системы оценки и

подтверждения компетентности метрологических служб юридических лиц в части осуществления внутреннего метрологического надзора;

- МИ 2427–2016. Рекомендация. ГСОЕИ. Оценка состояния измерений в испытательных, измерительных и лабораториях производственного и аналитического контроля.

Анализ метрологического обеспечения испытаний продукции включает ряд типовых процедур [1]:

1. Анализ состояния действующей на предприятии (в организации) документации, регламентирующей методики испытаний продукции.

На этом этапе работы оценивается полнота отражения в документации метрологических правил и норм, относящихся в первую очередь к средствам измерений, испытательному и вспомогательному оборудованию. В том числе оцениваются и проверяются:

- правильность установленных в документации норм точности измерений параметров продукции, возможность проведения измерений с требуемой в документации точностью и получения достоверных результатов испытаний;
- степень унификации и стандартизации методик выполнения и измерений (МВИ);
- правильность выбора МВИ и соответствие документам, регламентирующим МВИ;
- правильность выбора средств измерений, стандартных образцов, испытательного и вспомогательного оборудования;
- полнота и четкость описания в документации процедур измерений и испытаний.

2. Анализ фактического оснащения испытательных процедур техническими средствами.

На этом этапе работы выявляется наличие в подразделениях, проводящих испытания продукции, средств измерений и испытательного оборудования, обладающих необходимыми метрологическими характеристиками. По результатам этой части работы определяются:

- потребность предприятия (организации) в средствах измерений (приборы, измерительные преобразователи, стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов и т.д.), с помощью которых может быть обеспечена требуемая точность измерений в процедурах испытаний;
- потребность в методиках выполнения измерений, характеристики погрешностей которых обеспечивают получение достоверных результатов испытаний.

3. Анализ организационной структуры и эффективности деятельности метрологической службы предприятия (организации) и фактического состояния средств измерений и испытаний.

На этом этапе работы в тех случаях, когда виды испытаний продукции относятся к сферам государственного метрологического контроля и надзора, проверяется выполнение требований Закона РФ «Об обеспечении единства измерений»:

- средства измерений, применяемые при испытаниях, должны быть занесены в Государственный реестр средств измерений и иметь действующее свидетельство о поверке;
- МВИ, применяемые в процедурах испытаний, должны быть аттестованы в порядке, установленном ГОСТ Р 8.563–96;
- испытательное оборудование должно быть аттестовано в порядке, установленном ГОСТ 8.568 [37].

4. Анализ состояния системы контроля достоверности результатов испытаний.

На этом этапе работы проверяются и оцениваются:

- наличие утвержденных в установленном порядке документов, устанавливающих процедуру контроля достоверности результатов испытаний продукции, в первую очередь таких контрольных процедур, как межлабораторные сличения результатов испытаний;
- степень и причины расхождений в результатах испытаний, наблюдавшихся при проведении межлабораторных сличений;
- меры, принимаемые по результатам межлабораторных сличений для повышения достоверности результатов испытаний.

Положительные результаты анализа состояния измерений, контроля и испытаний в испытательных центрах являются гарантией объективности и достоверности испытаний.

3.3. Контрольные вопросы

1. Какой федеральный закон определяет систему технического регулирования РФ?
2. Принципы технического регулирования.
3. Что такое технический регламент? Каким образом принимается этот нормативный документ?
4. Цели принятия технических регламентов.
5. Какие федеральные законы и положения составляют правовые основы системы технического регулирования РФ?
6. Взаимосвязь федеральных законов с элементами системы технического регулирования РФ.
7. Формы оценки соответствия.
8. Формы подтверждения соответствия
9. Добровольное подтверждение соответствия. Обязательное подтверждение соответствия.
10. Основные группы форм регулирования рынка.
11. Нормативные документы, регламентирующие метрологическое обеспечение испытаний.
12. Типовые процедуры метрологического обеспечения испытаний.

ГЛАВА 4. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Формы государственного регулирования

Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений осуществляется в соответствии со статьей 11 Федерального закона № 102 в следующих формах:

- 1) утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений;
- 2) поверка средств измерений;
- 3) метрологическая экспертиза;
- 4) федеральный государственный метрологический надзор;
- 5) аттестация методик (методов) измерений;
- 6) аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений.

4.2. Испытания с целью утверждения типа стандартных образцов и средств измерений

Порядок испытаний и утверждения типа стандартных образцов (СО) и средств измерений изложен в следующих нормативных документах РФ:

- Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений в Российской Федерации» № 102-ФЗ,
- Приказы Министерства промышленности и торговли № 1081 и № 1326 от 30.11.2009 г.
- Рекомендации МИ 3290-2010 г.

К применению допускаются СИ утвержденного типа, прошедшие поверку, а также обеспечивающие соблюдение обязательных требований, включая обязательные метрологические требования к измерениям, обязательные метрологические и технические требования к СИ.

В состав обязательных требований к СИ включаются также требования к их составным частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации. При применении СИ должны соблюдаться обязательные требования к условиям их эксплуатации.

Конструкция СИ должна обеспечивать ограничение доступа к определенным частям СИ (включая программное обеспечение) в целях

предотвращения несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут привести к искажениям результатов измерений.

Порядок отнесения технических средств к СИ устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Приказом Министерства промышленности и торговли РФ № 1081 от 30.11.2009 г. утверждены «Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа», «Порядок утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений» и «Порядок выдачи свидетельств об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, установления и изменения срока действия указанных свидетельств и интервала между поверками средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения».

Схема проведения испытаний с целью утверждения типа СИ приведена на рис. 4.1 [1].



Рис. 4.1. Схема испытаний с целью утверждения типа СИ

Испытания в целях утверждения типа стандартных образцов или типа СИ проводятся юридическими лицами, аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений на выполнение испытаний стандартных образцов или СИ, области аккредитации которых содержат испытания заявляемых стандартных образцов или СИ.

Испытатель разрабатывает, согласовывает с Заявителем и утверждает программу испытаний. Программа испытаний разрабатывается с учетом положений национальных стандартов, устанавливающих общие требования к стандартным образцам или СИ, их разработке, испытаниям и применению.

Программа испытаний стандартных образцов устанавливает:

- содержание, объем, условия проведения испытаний СО в целях утверждения типа, количество представляемых на испытания образцов, алгоритмы обработки полученных результатов;
- требования к процедуре отбора и количеству вещества (материала) СО, необходимого для испытаний;
- методику подготовки проб вещества (материала) СО для выполнения измерений;
- методики определения метрологических и технических характеристик СО, включая: величины, характеризующие состав или свойство вещества (материала) СО, неоднородность, нестабильность, показатели точности;
- методику проверки прослеживаемости метрологических характеристик СО;
- при необходимости перечень компетентных лабораторий юридических лиц, принимающих участие в межлабораторном эксперименте.

Программа испытаний стандартных образцов должна предусматривать:

- анализ отчета о разработке СО (при его наличии);
- определение метрологических и технических характеристик СО, выраженных в единицах величин, допущенных к применению в РФ.

Программа испытаний средств измерений устанавливает:

- объект испытаний;
- количество представляемых на испытания серийно изготовленных образцов СИ;
- содержание и объем испытаний;
- методы (методики) испытаний;
- условия проведения испытаний;
- алгоритмы обработки полученных при испытаниях результатов.

Программа испытаний СИ должна предусматривать:

- определение метрологических и технических характеристик СИ, включая показатели точности, выраженных в единицах величин, допущенных к применению в РФ;
- идентификацию программного обеспечения и оценку его влияния на метрологические характеристики СИ;
- разработку или выбор методики поверки и ее опробование;
- определение интервала между поверками;
- анализ конструкции испытываемого СИ на наличие ограничений доступа к определенным частям СИ (включая программное обеспечение) с целью предотвращения несанкционированной настройки и вмешательства, которые могут привести к искажению результатов измерений.

Испытатель по результатам испытаний разрабатывает описание типа СИ, утверждает (при необходимости) методику поверки, оформляет акт испытаний СИ в целях утверждения типа.



Рис. 4.2. Порядок утверждения типа

Решение об утверждении типа стандартных образцов или типа СИ принимает Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) на основании положительных результатов испытаний СО или СИ в целях утверждения типа. Порядок утверждения типа СО или типа СИ приведен на рис. 4.2.

Основанием для рассмотрения вопроса об утверждении типа является поступление в Росстандарт заявки юридического лица или индивидуального предпринимателя (Заявителя) на утверждение типа СО или типа СИ с приложением копии заявки на проведение испытаний с приложениями, программы испытаний и акта испытаний с положительными результатами испытаний и приложениями.

Утверждение типа СО или типа СИ удостоверяется **свидетельствами об утверждении типа**. Свидетельство оформляется Росстандартом на основании принятого им решения об утверждении типа СО или типа СИ. Порядок выдачи свидетельства представлен на рис. 4.3.

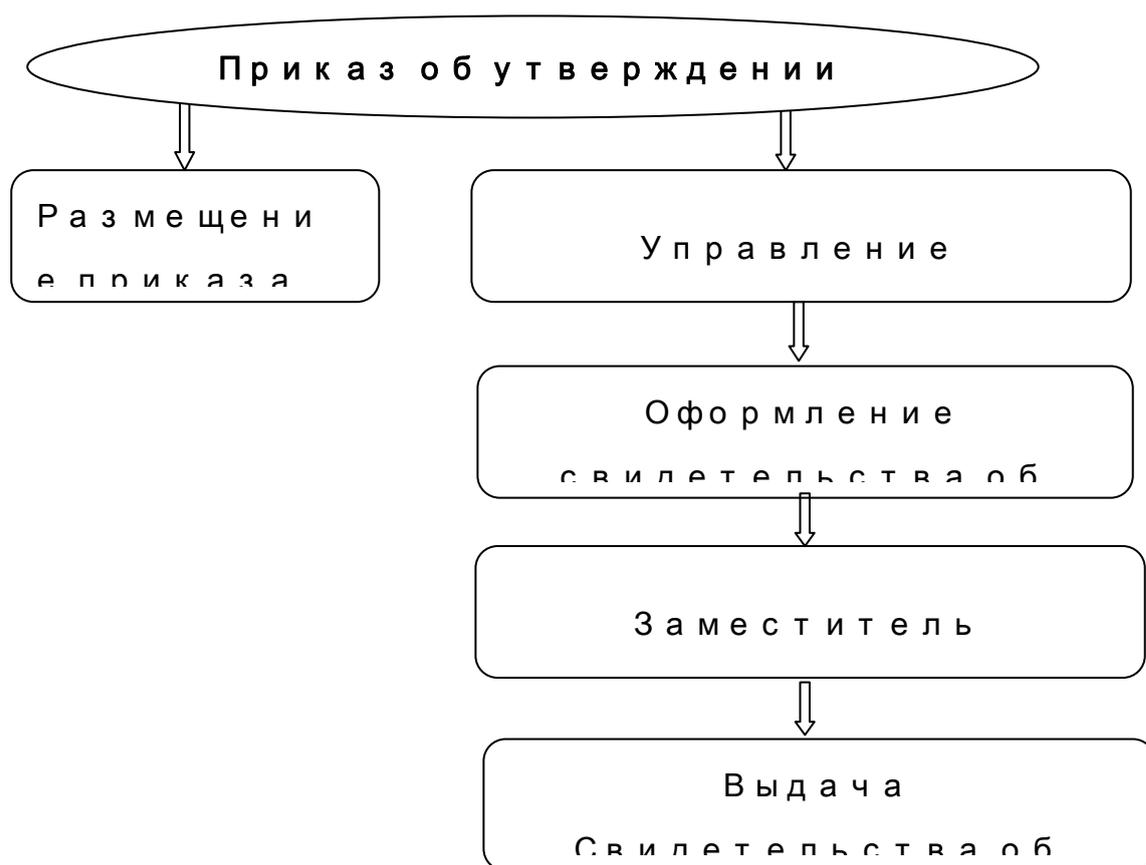


Рис. 4.3. Порядок выдачи свидетельства об утверждении типа

В свидетельстве указываются:

1. номер свидетельства;
2. срок действия свидетельства;
3. полное наименование типа СО или СИ;
4. полное наименование изготовителя СО или СИ;
5. регистрационный номер типа СО или типа СИ;
6. дата и номер решения (приказа) Росстандарта об утверждении типа СО или типа СИ;
7. информация о методике поверки (только в свидетельстве об утверждении типа СИ);
8. заводской номер СО или СИ (только в свидетельстве об утверждении типа СО или типа СИ единичного производства);
9. интервал между поверками (только в свидетельстве об утверждении типа СИ).

Продолжительность интервала между поверками для СИ устанавливается в решении Росстандарта об утверждении типа по результатам проведенных в установленном порядке испытаний.

Знак утверждения типа применяется исключительно в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в случае утверждения типа СО или типа СИ.

Знак утверждения типа наносят юридические лица или индивидуальные предприниматели, осуществляющие выпуск из производства, ввоз, продажу и использование на территории РФ СО или СИ утвержденного типа.

Основанием для нанесения знака утверждения типа является решение Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии об утверждении типа, удостоверенное свидетельством об утверждении типа.

Рекомендации по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний СИ в целях утверждения типа подробно изложены в МИ 3290- 2010 [38].

4.3. Калибровка и поверка средств измерений

Существует две *формы* передачи размера единицы от эталона менее точному эталону или рабочему средству измерений – **калибровка** и **поверка**.

Более простая форма – калибровка – включает только передачу единицы.

4.3.1. Калибровка средств измерений

Калибровка средства измерений — совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору.

Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке.

В соответствии со статьей 18 Федерального закона № 102-ФЗ [20] результаты калибровки СИ, выполненной юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, аккредитованными в национальной системе аккредитации, могут быть использованы при поверке СИ в сфере государственного регулирования ОЕИ.

Порядок признания результатов калибровки при поверке СИ в сфере государственного регулирования ОЕИ и требования к содержанию сертификата калибровки, включая прослеживаемость, устанавливаются Правительством РФ.

Калибровка СИ выполняется с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Выполняющие калибровку СИ юридические лица и индивидуальные предприниматели в добровольном порядке могут быть аккредитованы в области обеспечения единства измерений.

Сертификат калибровки – документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки СИ, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

Методика калибровки средств измерений – документ, регламентирующий процедуру калибровки СИ.

Оценка пригодности – подтверждение путем исследования и предоставления объективных доказательств того, что конкретные требования к специфическому целевому использованию выполняются.

Целевая неопределенность измерений – неопределенность измерений, заранее установленная как верхний предел и принятая, исходя из предполагаемого использования результатов измерений.

При калибровке происходит передача размера единицы величины, воспроизводимой или хранимой эталоном, менее точному СИ путем определения соотношения между значениями величины, хранимыми эталоном, и соответствующими показаниями калибруемого СИ. В

последующем, при применении СИ по назначению, это соотношение используется для преобразования показаний СИ в результате измерений.

В процессе калибровки оценивают и приписывают:

- мерам – новые значения,
- средствам измерений – новые калибровочные характеристики.

Калибровочная характеристика – зависимость между выходным сигналом y средства измерений и измеряемой величиной x .

Значение меры, определенное при калибровке, указывают приписанным значением или аддитивной поправкой, которая равна отклонению этого значения от значения, приписанного мере на первичной или предыдущей калибровке.

Калибровочную характеристику средства измерений, определенную при калибровке, указывают в виде новой зависимости

$$x = f(y) \text{ или } y = f(x).$$

Это может быть функция, таблица или график. Если калибровочная характеристика является линейной

$$(y = A + Kx),$$

новую характеристику можно указать поправками к калибровочной характеристике - аддитивной и мультипликативной.

Аддитивная поправка не зависит от измеряемой величины, мультипликативная поправка имеет прямо пропорциональную зависимость от измеряемой величины.

Аддитивная поправка указывает новое значение A , а мультипликативная поправка – новое значение K . Если конструкция калибруемого СИ позволяет перед его применением проводить установку нуля, можно считать, что $A = 0$. В этом случае калибровочная характеристика задается в виде калибровочного коэффициента K , постоянного для всех точек диапазона средства измерений.

В процессе калибровки систематические погрешности СИ, накопленные к этому моменту, в основном будут устранены, и СИ восстановит свои начальные метрологические характеристики. Поэтому СИ при калибровке не может быть забраковано в принципе.

Целью калибровки не является оценка соответствия СИ установленным техническим требованиям. Этот вопрос решается при поверке.

4.3.2. Поверка средств измерений

Поверка средств измерений — совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям (статья 13 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений в Российской Федерации» № 102-ФЗ [20]).

Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат *первичной поверке*, а в процессе эксплуатации – *периодической поверке*. Применяющие СИ в сфере государственного регулирования ОЕИ юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти СИ на поверку.

Поверку СИ осуществляют аккредитованные, в соответствии с законодательством РФ об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки СИ, юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Перечень СИ, подлежащих поверке только аккредитованными в области ОЕИ государственными региональными центрами метрологии (ГРЦМ), устанавливается Правительством РФ.

Сведения о результатах поверки СИ, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, передаются в Федеральный информационный фонд по ОЕИ проводящими поверку СИ юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

СИ, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

Показатели точности, интервал между поверками СИ (межповерочный интервал), а также методика поверки каждого типа СИ устанавливаются при утверждении типа СИ в соответствии с пунктом 1 ст. 12 102-ФЗ [20].

Эталоны единиц величин, используемые при поверке СИ, должны быть аттестованы в соответствии с:

- «Положением об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений», утвержденным постановлением Правительства РФ от 23.09.2010 г. № 734;
- «Порядком проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» утвержденном Приказом Минпромторга РФ № 1815 от 02.07.2015 г.

Результаты поверки СИ удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке, и (или) записью в паспорте (формуляре) СИ, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки.

Конструкция СИ должна обеспечивать возможность нанесения знака поверки в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции или условия эксплуатации СИ не позволяют нанести знак поверки непосредственно на СИ, он наносится на свидетельство о поверке или в паспорт (формуляр).

Виды поверок СИ представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. – Виды поверок

Вид поверки СИ	Описание
Первичная поверка	Производится при выпуске СИ в обращение из производства, ремонта и при ввозе из-за рубежа.
Периодическая поверка	Производится через определенные промежутки времени, называемые межповерочным интервалом.
Внеочередная поверка	Проводится вне зависимости от срока периодической поверки: – при вводе в эксплуатацию СИ после длительного хранения (более одного межповерочного интервала); – в случае повреждения клейма или утери свидетельства о поверке.
Инспекционная поверка	Производится для выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении государственного метрологического надзора.
Экспертная поверка	Проводится при возникновении разногласия по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам СИ. Экспертная поверка проводится, как правило, по требованию суда, прокуратуры и по письмам потребителей.
Периодическая поверка	Производится органами государственной метрологической службы по утвержденным графикам. Графики периодической поверки составляются метрологическими службами предприятий и организаций, согласовываются с территориальными органами Госстандарта, утверждаются руководителем предприятия.

Поверка состоит из двух различных процедур: *технической* и *директивной*.

Техническая процедура заключается в экспериментальной оценке погрешностей СИ. Поскольку при измерении значения величины x погрешность СИ равна

$$\Delta(x) = \hat{x} - x,$$

где \hat{x} – результат измерения этой величины поверяемым СИ, x – значение измеряемой величины, определенное с помощью эталона.

Техническая процедура аналогична процедуре калибровки СИ.

Директивная процедура заключается в вынесении решения о соответствии поверяемого СИ установленным требованиям, выраженным в виде пределов допускаемых значений погрешности $\pm\Delta_{\partial}(x_i)$, и оформлении документа о допуске или недопуске СИ к дальнейшей эксплуатации.

При выполнении условия

$$-\Delta_{\partial}(x_i) \leq \Delta(x_i) \leq \Delta_{\partial}(x_i)$$

во всех контролируемых точках x_i диапазона измерений, поверочный орган выдает владельцу СИ свидетельство, разрешающее дальнейшую эксплуатацию СИ. При нарушении этого условия хотя бы в одной точке (x_i) - дальнейшая эксплуатация СИ запрещается.

Требования к поверке:

- недопустимость применения для измерений, подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору, не поверенных СИ или с просроченным сроком очередной поверки;
- проведение поверки исключительно органами государственного метрологического контроля и надзора или организациями, уполномоченными этими органами;
- строгое соблюдение требований методики поверки, утвержденной на государственном уровне, и установленных межповерочных интервалов.

4.3.3. Сравнительные характеристики калибровки и поверки

В отличие от поверки калибровка не является обязательной. Она выполняется по желанию организации, применяющей СИ, собственными силами или специализированными калибровочными лабораториями на коммерческой основе, по методике калибровки, согласованной с организацией, применяющей СИ.

Калибровка обеспечивает более высокую точность измерений, чем обычная поверка, поскольку при ней происходит восстановление начальной точности СИ.

Результат калибровки будет отягощен не только неопределенностью размера единицы, хранимого эталоном, но и многими другими составляющими. Стандартная неопределенность значения единицы, полученного СИ при калибровке, при некоррелированных составляющих выражается формулой:

$$u = \sqrt{u_3^2 + u_A^2 + \sum_{i=1}^n u_{B_i}^2}, \text{ где}$$

u_3 – стандартная неопределенность значения единицы, воспроизводимого или хранимого вышестоящим эталоном, использованным при калибровке;

u_A – стандартная неопределенность измерений, оцениваемая по типу А, источниками которой являются случайные погрешности эталона, поверяемого СИ и метода измерений;

u_{Bi} – стандартная неопределенность измерений, оцениваемая по типу В, обусловленная i -м источником погрешности передачи размера единицы;
 n – число источников погрешности передачи.

В таблице 4.2 представлены сравнительные характеристики процедур калибровки и поверки:

Таблица 4.2. – Сравнительные характеристики калибровки и поверки

	Калибровка	Поверка
Порядок проведения	Добровольный порядок для СИ, не предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.	Обязательный порядок для перечня СИ, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии. Добровольный порядок для СИ, не предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.
Время проведения	При выпуске СИ из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации, прокате и продаже.	Первичная поверка - до ввода в эксплуатацию и после ремонта СИ, Периодическая поверка - в процессе эксплуатации СИ.
Уполномоченные службы	Любая метрологическая служба, в том числе, на предприятии.	Аккредитованная метрологическая служба.
Техническая процедура	Определение погрешности СИ с использованием эталона только в одной точке диапазона измерений и в условиях, отличающихся от	Сравнение числового значения физической величины, измеренной поверяемым СИ, со значением, измеренным СИ более высокой точности — эталоном. При этом

	нормальных.	погрешность эталона должна быть в три раза меньше погрешности поверяемого СИ.
Результат проведения	Определение действительных значений метрологических характеристик СИ.	Подтверждение соответствия СИ установленным метрологическим требованиям.
Способ удостоверения	Калибровочный знак, наносимый на СИ или Сертификат о калибровке, а также запись эксплуатационных документах.	Знак поверки и Свидетельство о поверке.

4.4. Контрольные вопросы

1. Формы государственного регулирования.
2. Порядок испытаний стандартных образцов и средств измерений с целью утверждения типа.
3. Какие требования устанавливает программа испытаний стандартных образцов?
4. Какие требования устанавливает и что должна предусматривать программа испытаний средств измерений?
5. Порядок утверждения типа стандартных образцов или средств измерений.
6. Какие документы подтверждают утверждение типа?
7. Порядок выдачи свидетельства об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений.
8. Какая информация указывается в свидетельстве об утверждении типа?
9. Калибровка средства измерений как форма подтверждения соответствия.
10. Сертификат калибровки.
11. Калибровочная характеристика.
12. Поверка средств измерений как форма подтверждения соответствия.
13. Каким образом удостоверяются результаты поверки СИ?
14. Виды поверок средств измерений.
15. Сравнительные характеристики процедур калибровки и поверки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы данного учебного пособия должны стать фундаментом, на основе которого обучающиеся смогут непрерывно совершенствовать знания в области метрологического обеспечения измерений, испытаний и контроля.

Учебное пособие разработано в соответствии с актуальными на сегодняшний день стандартами и содержит основные сведения о государственном регулировании в области обеспечения единства измерений.

Пособие будет полезно аспирантам и специалистам по метрологии, компетенции и обязанности которых определены утвержденными Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации профессиональными стандартами «Специалист по метрологии» и «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Окрепилов В.В. Основы метрологии: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2008. – 379с.
2. РМГ 29–2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации ГСИ. «ГСП. Метрология. Основные термины и определения» – М.: Стандартиформ, 2014. – 45 с.
3. Пфанцагль И. Теория измерений. М.: Мир. –1976. –248 с.
4. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 312 с.
5. Коротков В.П., Тайц Б.А. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 352 с.
6. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. М.: Изд-во стандартов, 1991. – 285с.
7. Грановский В.А. Динамические измерения. Основы метрологического обеспечения. Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 314 с.
8. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978. – 196 с.
9. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. М.:Изд-во стандартов, 1990. – 492с.
10. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.1. Общая теория измерений: учеб.-мет. комплекс (учеб. пособие), 3-е изд., перераб. и доп., / И.Ф. Шишкин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 189 с.
11. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 245 с.
12. Новицкий П.В., Зограф И.А., Лабунец В.С. Динамика погрешностей средств измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 187 с.
13. Селиванов, М. Н. Качество измерений [Текст]: метрологич. справ. кн. / М. Н. Селиванов, Л. Э. Фридман, Ж. Ф. Кудряшова. – Л.: Лениздат, 1987. – 296с.
14. Тюрин, Н. И. Введение в метрологию [Текст] / Н. И. Тюрин. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 280 с.
15. Элементы закона по метрологии. Документ МОЗМ OIML D1 2005.
16. РМГ 29–99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации ГСИ. «ГСП. Метрология. Основные термины и определения (взамен ГОСТ 16263–70)» – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 45 с.
17. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т

метрологии им. Д. И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. — СПб.: НПО «Профессионал», 2010. — 82 с.

18. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. Карманная энциклопедия студента: Учебное пособие для студентов высших и средних специальных учебных заведений. – М.: Логос, 2001. – 376 с.

19. Марусина М.Я., Ткалич В.Л., Воронцов Е.А., Скалецкая Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 164 с.

20. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений".

21. ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения.

22. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

23. ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.

24. Рекомендации по метрологии МИ 1317-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

25. Рекомендации по межгосударственной стандартизации ПМГ 96-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления.

26. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.

27. ГОСТ Р ИСО 10012-2008. Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию.

28. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений // Нормативно-технические документы (ГОСТ 8.009–84, методический материал по применению ГОСТ 8.009–84, РД 50–453–84). М: Изд-во стандартов, 1988.

29. Нормативные документы в области метрологии (действующие в России по состоянию на 1 января 2012 г.) Указатель. Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС). М.: ТОО «ТОТ», 2012.

30. Основные термины в области метрологии. Словарь-справочник / Под ред. Ю.В. Тарбеева. М.: Изд-во стандартов, 1989.

31. Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г. Метрологическое обеспечение производства / Под ред. Л.К. Исаева. М.: Изд-во стандартов, 1987. – 308 с.
32. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. – М.: Изд-во «ФИЛИНЪ», 2004. – 296с.
33. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ.
34. Федеральный закон "О стандартизации в Российской Федерации" от 29.06.2015 N 162-ФЗ.
35. Федеральный закон "Об аккредитации в национальной системе аккредитации" от 28.12.2013 N 412-ФЗ.
36. Международный стандарт ISO/IEC 17025-2017. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Аутентичный перевод, рег. № 1127/ISO/IEC, 09.06. 2018 г.
37. ГОСТ Р 8.568-2017. ГСОЕИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
38. МИ 3290-2010.ГСОЕИ. Рекомендация по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний СИ в целях утверждения типа.
39. ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация. Термины и определения. – М. Изд-во стандартов, 2005. – 28с.
40. Иванов В.А., Марусина М.Я., Ткалич В.Л. Первичные преобразователи информации: Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2002. – 103 с.
41. Иванов В.А., Марусина М.Я., Ткалич В.Л. Прикладная метрология: Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2003. – 104 с.
42. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов, 1995. – 230 с.
43. Маркин Н.С. Практикум по метрологии: Учеб. пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 186 с.
44. Марусина М.Я. Инвариантный анализ и синтез в моделях с симметриями. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004. – 144 с.
45. Российская метрологическая энциклопедия. Гл. редактор Тарбеев Ю.В. – СПб.: Лики России, 2001. – 849 с.
46. Руководство по выражению неопределенности измерения. Первая редакция Международная организация по стандартизации. 1993 г., Перевод и публикация ГП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Научный редактор проф. Слаев В.А. – СПб.: 1999. – 134 с.
47. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. Карманная энциклопедия студента: Учебное пособие для студентов высших и средних специальных учебных заведений. – М.: Логос, 2001. – 376 с.

48. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Сертификация. – М.: Изд-во «Логос», 2000. – 248 с.
49. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 205 с.
50. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. – М.: Изд-во «ФИЛИНЪ», 2004. – 296с.
51. Шабалин С.А. Прикладная метрология в вопросах и ответах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 192 с.
52. Марусина М.Я., Ткалич В.Л., Воронцов Е.А., Скалецкая Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 164 с.
53. Горобей В.Н., Захаренко Ю.Г., Марусина М.Я., Снегов В.С. Государственные первичные эталоны единиц физических величин. Учебное пособие Рекомендовано УМО вузов России по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений / Под редакцией д-ра техн. наук, проф. М.Я. Марусиной. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 135 с.
54. Международный стандарт ISO/IEC 17025-2017. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Аутентичный перевод, рег. № 1127/ISO/IEC, 09.06. 2018 г.
55. ГОСТ Р 8.736-2011. ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений.
56. ГОСТ Р 54500.3.1-2011. Руководство ИСО/МЭК 98- 3:2008/Дополнение 1:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло.
57. EA 4/02 M: 2013. Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration.
58. ГОСТ Р 8.563-2009. ГСОЕИ. Методики (методы) измерений.
59. ГОСТ Р 8.568-2017. ГСОЕИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
60. ГОСТ 8.315-97 (2015). ГСОЕИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения.
61. ГОСТ ISO/IEC 17000-2012. Оценка соответствия. Словарь и общие принципы.
62. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
63. ГОСТ Р 8.879-2014. ГСОЕИ. Методики калибровка средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению.
64. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

65. ГОСТ Р ИСО 10012-2008. Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию.
66. МИ 3290-2010. ГСОЕИ. Рекомендация по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний СИ в целях утверждения типа.
67. МИ 3269-2010. ГСОЕИ. Методические указания. «Построение, изложение, оформление и содержание документов на метод (методику) измерений».
68. Р 50.2.081-2011. ГСОЕИ. «Лаборатории референтные. Основные положения».
69. ГОСТ Р 8.692–2009. ГСОЕИ. Требования к компетентности провайдеров проверок квалификации испытательных лабораторий посредством межлабораторных сравнительных испытаний».
70. Руководство ИСО/РЕМКО 34:2009 «Общие требования к компетентности производителей стандартных образцов».
71. Критерии аккредитации юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по обеспечению единства измерений (приказ Минэкономразвития от 30.05.2014, № 326 в ред. приказа МЭР № 570).
72. ПР 50.2.013-97. Порядок аккредитации метрологической служб юридических лиц на право аттестации методик (выполнения) измерений и проведения метрологической экспертизы документов.
73. ГОСТ ISO/IEC 17043-2013/ Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации.
74. Р 50.4.006-2002 Межлабораторные сравнительные испытания при аккредитации и инспекционном контроле испытательных лабораторий. Методика и порядок проведения (ISO/IEC Guide 43).
75. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 3 июня 2009 г. № 476 «Об утверждении Типового положения о территориальном органе Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии».
76. ГОСТ Р 56098-2014. Системы космические. Метрологическая экспертиза конструкторской документации. Организация и порядок проведения.
77. РМГ 63-2003. ГСОЕИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.
78. ГОСТ Р 8.809-2012. ГСОЕИ. Эталоны государственные первичные. Создание, утверждение, содержание и применение.
79. ГОСТ 8.382-2009. ГСОЕИ. Эталоны. Способы выражения точности.
80. Постановление правительства № 734 от 23.09.2010 г. «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

81. Summary of NIST Laboratory Economic Impact Studies [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nist.gov/director/planning/summary-studies.cfm> (дата обращения: 27.09.2018).
82. Poulson, B. W. Economic Analysis of the National Measurement System [Текст] – NBS (NIST), 1977.
83. Tassej, G. The Role of Government in supporting Measurement Standards for high-technology Industries [Текст] / G. Tassej // Research Policy. – 1982. – N 11.
84. Tassej, G. Infratechnologies and the Role of Government [Текст] / G. Tassej // Technological Forecasting and Social Change. – 1982. – N 21 (2).
85. Don Vito, P. A. Estimates of the Cost of Measurement in the US Economy [Текст] / Planning Report 21. – 1984.
86. Окрепилов В.В. Экономика метрологии: монография [Текст] / В.В. Окрепилов, Ю.А. Антохина, Л.К. Исаев, А.П. Чирков. – СПб.: ГУАП, 2017. – 175 с.
87. Бесфамильная Л.В. Экономика стандартизации, метрологии и качества продукции [Текст] / Л. В. Бесфамильная, В. И. Резчиков, Л. Г Соколова, В. А. Швандар. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 312 с.
88. Лахов, В. М. Состояние метрологического учета энергоресурсов [Текст] / В. М. Лахов, А. И. Асташенков // Измерительная техника. – 2002. – № 6. – С. 61–65.
89. Тюрин, Н. И. Введение в метрологию [Текст] / Н. И. Тюрин. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 280 с.
90. Элькин, Г. И. Метрология на службе миру. Состояние и основные направления развития работ в области обеспечения единства измерений в Российской Федерации [Электронный ресурс] / Г. И. Элькин. – Режим доступа: <http://federalbook.ru/files/FS/Soderjanie/FS-19/I/Elkin.pdf>.
91. Бесфамильная, Л. В. Экономическая эффективность средств измерений при контроле качества продукции [Текст] / Л. В. Бесфамильная. - М.: Изд-во стандартов, 1986. – 192 с.
92. Рейх, Н. Н. Метрологическое обеспечение производства [Текст] / Н. Н. Рейх, А. А. Тупиченков, В. Г. Цейтлин. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.
93. Bell, J. Physical Bulletin [Текст] / J. Bell. – 1988. – Vol. 39. – P. 106.
94. Benefit of Legal Metrology for the Economy and Society: CIML Report [Электронный ресурс] / J. Birch. – 2003. – Режим доступа: https://www.oiml.org/en/files/pdf_e/e002-e03.pdf
95. Конюхов, А. Г. Метрологическое обеспечение в приборостроении аспекты управления [Текст] / А. Г. Конюхов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 208 с.

96. Патричный, В. А. Экономика метрологического обеспечения качества продукции и ресурсосбережения [Текст] / В. А. Патричный. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 176 с.
97. Окрепилов, В. В. Экономическая составляющая в обеспечении единства измерений [Текст] / В. В. Окрепилов, В. Н. Крутиков, Г. И. Элькин // Измерительная техника. – 2014. – № 2. – С. 3–8.
98. Чирков, А. П. О становлении и развитии экономики метрологии в России [Текст] / А. П. Чирков // Законодательная и прикладная метрология. – 2010. – № 1. – С. 1–6.
99. Чирков, А. П. Количественная оценка влияния метрологии на экономику [Текст] / А. П. Чирков // Инженерный журнал «Справочник». – 2013. – № 8. – С. 45–51.
100. МИ 2546-99. ГСОЕИ. Методы определения экономической эффективности метрологических работ.
101. Окрепилов, В. В. Менеджмент качества [Текст]: учеб.: в 2 т. / В. В. Окрепилов. – СПб.: Наука, 2007. – 1160 с.
102. Пименов, С. В. Проблемы оценки экономической эффективности в процессе принятия инвестиционных решений [Текст] / С. В. Пименов // Проблемы современной экономики. – 2005. – № 3/4 (15/16).