

**МЕТРОЛОГИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИЯ,
СЕРТИФИКАЦИЯ
И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ**

Методическое руководство
по изучению специальности
для бакалавров

Бишкек 2015

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ

Методическое руководство
по изучению специальности
для бакалавров

Бишкек 2015

УДК [006.621,3](072)
М 54

Рецензенты:

М. М. Шамсутдинов – д-р техн. наук, проф.,
А. П. Балянов – канд. техн. наук, доц.

Составители:

В. В. Кириллов,
З. Д. Сейдакматова,
В. А. Шабанов

Рекомендовано к изданию
кафедрой «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»
и Ученым советом ЕТФ

М 54 МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ: Методическое руководство по изучению специальности для бакалавров / сост.: В. В. Кириллов, З. Д. Сейдакматова, В. А. Шабанов. Бишкек: КРСУ, 2015. 52 с.: ил.

В руководстве кратко изложены подходы к изучению, стандартизации, методом освоения лабораторных исследований и оценка их качественных и количественных характеристик и процент определения степени достоверности погрешности.

Направлено в помощь бакалаврам по освоению ряда направлений «Электроэнергетика и электротехника» специальностей нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

© ГОУВПО КРСУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Роль метрологии и история развития	5
2. Цель и задачи изучения	9
2.1. Область применения	9
2.2. Подходы к методам измерений	9
2.3. Термины и определения метрологии	9
3. Измерительные приборы традиционной и возобновляемой энергетики	10
3.1. Общие основы средств измерений	10
3.1.1. Погрешности средств измерений и классы точности	12
3.2. Измерение температуры. Методы измерения температуры	24
3.3. Измерение скорости воздушного потока	26
4. Измерение электрических величин	28
4.1. Измерение силы тока и напряжения электрической энергии	28
4.2. Измерение электрической мощности	31
5. Погрешности измерений	32
5.1. Систематические погрешности	32
5.2. Случайные погрешности	33
5.3. Погрешности косвенных измерений	34
5.4. Грубые погрешности	35
6. Стандартизация	36
7. Сертификация	41
ЛИТЕРАТУРА	51

ВВЕДЕНИЕ

Главным направлением эффективности изучения и применения метрологии, а также ускорение технологического процесса является сбалансированное мышление, граничащее, с одной стороны, с научными подходами, с другой – освоением природных явлений сопровождающие нас повседневно. Опираясь на ранее изученные дисциплины как высшая математика, физика, химия, электротехника и ряд гуманитарных дисциплин – философия, экономические законы и т. д., нашей задачей будет освоение и применение на практике достижений мировой науки, активное применение богатейшего опыта предшественников.

Метрология является неотъемлемой дисциплиной специальности электроэнергетика и электротехника. Особое внимание следует уделять точности измерения электрических и преобразованных из неэлектрических в электрическую форму физических величин и их погрешности, которые влияют на достоверность погрешности скрытых научных явлений. Все природные явления и события строго подчинены законам природных преобразований и случайная или систематическая ошибка при измерениях может сопровождать непоправимые последствия. Внесение некорректных измерений или дача показаний результата измерений в последующем может привести к весьма масштабного или планетарного характера катастроф. К сказанному можно привести множество примеров нештатных ситуаций: некорректно представленные траектории космической скорости приводят к безвозвратной потери космического аппарата; выданные диспетчером авиации не точные координаты эшелонирования самолетов приводят к столкновению бортов и гибели пассажиров; неверные измерения частот работы гидрогенераторов приводит к развалу единой системы энергосистемы. Приведённые примеры являются лишь вершиной айсберга, на самом деле статистика чудовищна и требует от специалиста предельного внимания в своей деятельности. На заре формирования общественных отношений достаточно было индикаторным методом определять наличие или отсутствие искомой величины, что было приемлемо в простых экономических и научно-технических взаимоотношениях.

По мере развития инженерной мысли, прогресса в современных технологических совершенствах требуется более высокая точность в измерениях, и индикаторный метод измерений становился не доста-

точным. В связи с вышеизложенным важнейшим условием практической реализации научных достижений в науке и технике является высокая профессиональная компетенция специалистов.

Изучение дисциплины состоит из трех разделов: теоретическая, прикладная и законодательная.

1. РОЛЬ МЕТРОЛОГИИ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

Метрология (от греч. – мера, измерительный инструмент + др. греч.– мысль, причина) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности (РМГ 29–99). Предметом метрологии является изучение количественной информации о свойствах объектов и анализ с заданной точностью и достоверностью; нормативная база для этого – метрологические стандарты.

Исторически важные этапы в развитии метрологии:

- XVIII век установление эталона метра (эталон хранится во Франции, в Музее мер и весов; в настоящее время является в большей степени историческим экспонатом, нежели научным инструментом);
- 1832 год – создание Карлом Гауссом абсолютных систем единиц;
- 1875 год – подписание международной Метрической конвенции;
- 1960 год – разработка и установление Международной системы единиц (СИ);
- XX век – метрологические исследования отдельных стран координируются Международными метрологическими организациями;
- Вехи Российской истории метрологии:
- присоединение к Метрической конвенции;
- 1893 год – создание Д. И. Менделеевым Главной палаты мер и весов (современное название: «Научно-исследовательский институт метрологии им. Менделеева»).

Всемирный день метрологии отмечается ежегодно 20 мая. Праздник учрежден Международным Комитетом мер и весов (МКМВ) в октябре 1999 года, на 88 заседании МКМВ.

Бурное развитие науки, техники и технологии в XX веке потребовало развития метрологии как науки. В бывшем СССР метрология развивалась в качестве государственной дисциплины, т. к. нужда в повышении точности и воспроизводимости измерений росла по мере индустриализации и роста оборонно-промышленного комплекса. Зарубежная метрология также отталкивалась от требований практики, но эти требования исходили в основном от частных фирм. Косвенным следствием такого подхода оказалось государственное регулирование различных понятий, относящихся к метрологии, то есть ГОСТ-ирование всего, что

необходимо стандартизировать. За рубежом эту задачу взяли на себя негосударственные организации, например, ASTM. В силу этого различия в метрологии СССР и постсоветских республик государственные стандарты (эталоны) признаются главенствующими, в отличие от конкурентной западной среды, где частная фирма может не пользоваться плохо зарекомендовавшим себя стандартом или прибором и договориться со своими партнёрами о другом варианте удостоверения воспроизводимости измерений.

Начальный (своего рода доисторический) этап становления метрологии характеризуется использованием количественно неопределенных суррогатов мер: частей человеческого тела, условных единиц, связанных с физическими (силовыми, голосовыми) способностями человека, счетных единиц и пр. Из числа этих суррогатов мер можно выделить части человеческого тела, как некоторые подобию вещественных, количественно определенных, мер, хотя и заключавшие в себе моменты субъективизма, но в меньшей степени, чем прочие из указанных мер. Известно изречение древнегреческого философа Протагора: «Человек есть мера всех вещей». Это изречение, неоднократно подвергавшееся в дальнейшем критическому рассмотрению, имеет непосредственное отношение и к метрологии в ее становлении и историческом развитии. У всех народов использовались части человеческого тела в качестве мер длины, о чем отчетливо свидетельствуют уже сами названия: фут – ступня, дюйм – палец и пр.

В качестве исходных мер длины издревле применяли также ширину зерна (в особенности ячменного), толщину волоса верблюда или мула и др.: у арабов в VIII–IX вв. ячменное зерно приравнялось 6 верблюжьим волосам; актом английского короля Эдуарда I (1272–1307 гг.) дюйм определялся как «три сухих круглых ячменных зерна». Вес зерна ячменя или пшеницы (иногда плодов деревьев) использовали в качестве исходной меры веса, о чем свидетельствует, например, наименование меры «гран» – зерно.

Если изначально применяли индивидуальные примитивные меры (моя ступня, мой локоть), то затем начали переходить к общеобязательным (усредненным по соглашению или по административному распоряжению) и к их реализации в материальной форме. К таким общеобязательным мерам относился, например, уже упоминавшийся египетский священный локоть. Появление вещественных мер (в виде линеек, гирь и т. п.) сделало возможным воспроизведение большого количества одинаковых мер (в том числе дольных и кратных), что открывало путь к использованию математических действий и создавало необходимые предпосылки для выделения метрологии из наличной совокупности знаний. «Когда тяжесть, объем и длина, – писал известный историк русской

метрологии Д. И. Прозоровский, – дробятся на части в правильной соразмерности, тогда измерение тел получает математический характер и тогда-то именно является метрология, как особая система знания».

Основой системы мер в древнерусской практике послужили древнеегипетские единицы измерения, заимствованные в Древней Греции. На Руси основными единицами длины были пядь и локоть, причем пядь служила основной древнерусской мерой длины и означала расстояние между концами большого и указательного пальца взрослого человека. Позднее, когда появилась другая единица – аршин, пядь (1/4 аршина) постепенно вышла из употребления.

Мера «локоть» пришла к нам из Вавилона и означала расстояние от сгиба локтя до конца среднего пальца руки (иногда – сжатого кулака или большого пальца).

С XVIII в. в России стали применять дюйм, заимствованный из Англии (называется он «палец»), а также английский фут. Особой русской мерой была сажень, равная трем локтям (около 152 см), и косая сажень (около 248 см).

Указом Петра I русские меры длины были согласованы с английскими, и, это по существу – первая ступень гармонизации российской метрологии с европейской.

Не менее важным шагом являлось установление определенных числовых соотношений между однородными мерами (например, длины или веса), которые первоначально часто бывали разрозненными, случайными и независимыми друг от друга, т. е. совершалось превращение комплекса мер в их упорядоченную совокупность, в систему мер.

Метрическая система мер была введена во Франции в 1840 г.

Большую роль в становлении метрологии в России сыграл Д. И. Менделеев, руководивший отечественной метрологией в период с 1892 по 1907 г. «Наука начинается... с тех пор, как начинают измерять», – в этом научном кредо выражен, важнейший принцип развития науки, который не утратил актуальности в современных условиях.

В 1893 году в России под руководством Д. И. Менделеева была создана Главная палата мер и весов.

В годы Советской власти (1931 г.) в Ленинграде на базе Главной палаты мер и весов был создан Всесоюзный научно-исследовательских институт метрологии им. Д. И. Менделеева.

В 1960 году была принята Международная система единиц СИ и определена величина метра как длины, равной $1650763,73$ длина волны излучения в вакууме (криптоновый эталон метра).

С развитием науки и техники требовались новые измерения и новые единицы измерения, что, в свою очередь, стимулировало совершенствование фундаментальной и прикладной метрологии.

Первоначально прототип единицы измерения искали в природе, исследуя макрообъекты и их движение. Так, секундой стали считать часть периода обращения Земли вокруг оси. Постепенно поиски переместились на атомный и внутриатомный уровень. В результате уточнялись «старые» единицы (меры) и появились новые. Так, в 1983 г. было принято новое определение метра: это длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды. Это стало возможным после того, как скорость света в вакууме (299792458 м/с) метрологи приняли в качестве физической константы.

В 1988 г. на международном уровне были приняты новые константы в области измерений электрических единиц и величин, а в 1989 г. принята новая Международная практическая температурная шкала МТШ-90.

В 1993 году был принят закон РФ «Об обеспечении единства измерений», в котором определены основные понятия на базе официальной терминологии Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ). Закон направлен на защиту прав и интересов граждан, определенного правопорядка и экономии РФ от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

История метрологии дает весьма интересную и поучительную картину реализации и развития идеи меры в зависимости от усложнения задач, возникавших перед коллективами, выполнявшими познавательные, производственные и товарообменные функции. Развитие метрологии отчетливо и наглядно иллюстрирует общий характер движения познающей мысли в истории: оно шло в направлении от случайного, произвольного и субъективного к общезначимому, нормализованному и объективному, от хаотического состояния к упорядоченному многообразию, от независимости и разрозненности к взаимосвязи и единству, от эмпирики к научной методике. Для всех, кто интересуется историей научно-технического прогресса, осуществляющегося на основе познания количественных характеристик и закономерностей природы, изучение истории метрологии, рассматривающей средства этого познания, является естественным необходимым фундаментом.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ

2.1. Область применения

Метрология состоит из трех разделов:

Теоретическая: Рассматривает общие теоретические проблемы (разработка теории и проблем измерений физических величин, их единиц, методов измерений).

Прикладная: Изучает вопросы практического применения разработок теоретической метрологии. В её ведении находятся все вопросы метрологического обеспечения.

Законодательная: Устанавливает обязательные технические и юридические требования по применению единиц физической величины, методов и средств измерений.

2.2. Подходы к методам измерений

- создание общей теории измерений;
- образование единиц физических величин и систем единиц;
- разработка и стандартизация методов и средств измерений, методов определения точности измерений, основ обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений (так называемая «законодательная метрология»);
- создание эталонов и образцовых средств измерений, поверка мер и средств измерений. Приоритетной подзадачей данного направления является выработка системы эталонов на основе физических констант.

Также метрология изучает развитие системы мер, денежных единиц и счёта в исторической перспективе.

Аксиомы метрологии:

1. любое измерение есть сравнение;
2. любое измерение без априорной информации невозможно;
3. результат любого измерения без округления значения является случайной величиной.

2.3. Термины и определения метрологии

- Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимым первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

- Физическая величина – одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.
- Измерение – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получения значения этой величины.
- Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики.
- Поверка – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерения метрологическим требованиям.
- Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.
- Погрешность средства измерения – разность между показанием средства измерений и действительным значением измеряемой физической величины.
- Точность средства измерений – характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.
- Лицензия – это разрешение, выдаваемое органам государственной метрологической службы на закрепленной за ним территории физическому или юридическому лицу на осуществление ему деятельности по производству и ремонту средств измерения.
- Эталон единицы величины – техническое средство, предназначенное для передачи, хранения и воспроизведения единицы величины.

3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

3.1. Общие основы средств измерений

Эксплуатационные свойства измерительного прибора характеризуют его метрологическими характеристиками, значение которых указывается в прилагаемой к прибору технической документации.

Основные характеристики шкалы отсчетного устройства прибора следующие.

Длина (интервал) деления шкалы – расстояние между осями или центрами двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль линии, проходящей через середины ее самых коротких отметок.

Цена деления – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Диапазон показаний измерительного прибора со шкальным отсчетным устройством – это область значений по шкале, ограниченная начальным и конечным значениями.

Диапазон измерений – это область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средств измерений. Он ограничивается верхними и нижними пределами измерений.

По диапазонам показаний и измерений устанавливают область применения измерительных приборов.

Чувствительность измерительного прибора – это отношение изменения сигнала Δl на выходе прибора (перемещение указателя) к вызывающему его изменению измеряемой величины Δx , т. е.

$$S = \frac{\Delta l}{\Delta x}, \quad (3.1)$$

Из формулы следует, что чем меньше изменение измеряемой величины, отмечаемое прибором, тем выше его чувствительность, т. е. она обратно пропорциональна цене деления шкалы. В приборах со стрелочным или световым указателем чувствительность выражается в делениях шкалы, приходящихся на единицу измеряемой величины (дел / °С; дел / А; дел / В и т. п.).

Чувствительность прибора должна соответствовать его точности, отражающей близость получаемых при измерении результатов к истинному значению измеряемой величины.

При слишком низкой чувствительности прибор не может быть использован в полной мере. Очень высокая чувствительность приводит к ошибочной оценке точности прибора и может уменьшить его действительную точность.

Передаточное отношение прибора – безразмерная чувствительность, полученная при измерении перемещений или длин.

Понятие чувствительности нельзя смешивать с понятием порога чувствительности или реагирования, под которым понимают наименьшее изменение значений измеряемой величины, способное вызвать малейшее заметное отклонение указателя прибора.

Стабильность – качество средств измерений, отражающее неизменность во времени их метрологических свойств. Меры и измерительные приборы считаются тем стабильнее, чем меньше меняются их погрешности, определяемые при очередных поверках. Иногда в понятие стабильности включают устойчивость средств измерений к внешним

воздействиям. Стабильность характеризуется главным образом вариацией в показаниях измерительного прибора.

Вариация – наибольшая полученная экспериментально разность между многократными показаниями измерительного прибора, соответствующими данной точке диапазона измерений при двух направлениях медленных изменений параметра в процессе подхода к данной точке. При нескольких медленных подходах к данной точке диапазона измерения в каждом из двух направлений вариация b определяется как абсолютное значение средней разности показаний x_m и X_0 :

$$b = |\bar{x}_m - \bar{x}_0|. \quad (3.2)$$

Причинами вариации являются трение и мертвый ход подвижных частей, наличие зазоров в сочленениях механизмов приборов, старение материалов, механический и магнитный гистерезис элементов.

Быстродействие измерительного прибора представляет собой максимальное число измерений (преобразований) с нормированной погрешностью в единицу времени. Быстродействие прибора непосредственно определяется принципом действия и особенностями конструктивных и схемных элементов и проявляется в так называемом запаздывании показаний приборов.

Надежность прибора характеризует его свойство сохранять работоспособность в течение заданного времени. Основным критерием надежности прибора является среднее время его безотказной работы T_{cp} , определяемое отношением:

$$T_{cp} = \frac{\sum t}{n}, \quad (3.3)$$

где t – время безотказной работы прибора;
 n – число отказов.

3.1.1. Погрешности средств измерений и классы точности

Главной метрологической характеристикой измерительных средств является погрешность прибора. В результате воздействия большого числа случайных и детерминированных факторов, возникающих в процессе изготовления, хранения и эксплуатации средств измерений, показания измерительных приборов отличаются от истинных значений измеряемых ими величин. Эти отклонения определяют погрешности измерительных средств. В зависимости от формы числового выражения различают абсолютные, относительные и приведенные погрешности.

Абсолютная погрешность измерительного прибора Δ_{Π} – это разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины. Действительное значение обычно устанавливают путем измерения образцовым прибором.

Абсолютная погрешность оценивает точность прибора только в одной точке диапазона измерений и выражается в единицах измеряемой величины:

$$\Delta_{\Pi} = x_{\Pi} - x_{д}, \quad (3.4)$$

где x_{Π} – показания прибора;

$x_{д}$ – действительное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность измерительного прибора σ_{Π} – это отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к истинному (действительному) значению измеряемой величины. Относительная погрешность средства измерения *(%) может быть выражена как:

$$\sigma_{\Pi} = \pm \frac{\Delta_{\Pi}}{x_{\Pi}} 100, \quad (3.5)$$

Относительная погрешность оценивает точность прибора также в одной точке и переменна по диапазону измерений. Если диапазон измерения прибора охватывает и нулевое значение величины, то относительная погрешность обращается в бесконечность в соответствующей ему точке шкалы.

Приведенная погрешность измерительного прибора y – это отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению. Она характеризует точность измерительного прибора по всему диапазону измерений. Приведенную погрешность (%) выражают как:

$$y = \pm \frac{\Delta_{\Pi}}{X_N} 100, \quad (3.6)$$

Нормирующее значение X_N – это условно принятое значение, равное верхнему пределу измерений или диапазону измерений, или длине шкалы.

В зависимости от характера проявления, возможностей устранения и причин возникновения различают систематическую и случайную погрешности.

Систематической Δ_{c0} называют составляющую погрешности измерений, остающуюся постоянной или закономерно изменяющуюся

при повторных измерениях одной и той же величины. Систематические погрешности возникают из-за неисправности средства измерений, неправильной его установки, настройки, влияния неблагоприятных внешних условий (вибрации, температуры и влажности воздуха, отклонения напряжения и т. п.), износа. Они зависят также от индивидуальных особенностей оператора Δ_c в точке x диапазона измерений оценивают по формуле:

$$\Delta_c = \frac{\bar{\Delta}_m + \bar{\Delta}_b}{2}, \quad (3.7)$$

где Δ_m и Δ_b – среднее значение погрешности в точке диапазона измерений, определяемое экспериментально при медленных многократных измерениях информативного параметра входного или выходного сигнала со стороны соответственно меньших и больших значений X .

$$\bar{\Delta}_m = \frac{\sum_{l=1}^n \Delta_{ml}}{n}, \quad (3.8)$$

$$\bar{\Delta}_b = \frac{\sum_{l=1}^n \Delta_{bl}}{n}, \quad (3.9)$$

где Δ_{ml} и Δ_{bl} – l -я реализация (отсчет) погрешности средства измерений при предварительном изменении информативного параметра входного или выходного сигнала со стороны меньших и больших значений до значения x соответственно – n – число опытов при определении $\bar{\Delta}_m$ и $\bar{\Delta}_b$.

Если вариация не учитывается или отсутствует, то $\bar{\Delta}_i$ определяют по формуле:

$$\bar{\Delta}_c = \frac{1}{n \sum_{i=1}^n \Delta_i}, \quad (3.10)$$

где Δ_i – $i^{\text{й}}$ отсчет погрешности средства измерений.

Нормируется систематическая составляющая Δ_c погрешности пределом допускаемой составляющей $\Delta_{сд}$ погрешности.

Случайной $\bar{\Delta}$ – называют составляющую погрешности измерений, изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность возникает при одновременном независимом воздействии многих факторов, каждый из которых незаметно влияет

на результат измерений, а суммарное воздействие может быть значительным.

$\ddot{\Delta}$ оценивают средним квадратичным отклонением $S(\ddot{\Delta})$ по формуле:

$$S(\ddot{\Delta}) = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^n (\Delta_{Мl} - \bar{\Delta}_М)^2 + \sum_{l=1}^n (\Delta_{6l} - \bar{\Delta}_6)^2}{2n-1}}. \quad (3.11)$$

Если вариация не учитывается или отсутствует, то

$$S(\ddot{\Delta}) = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^n (\Delta_l - \bar{\Delta}_6)^2}{n-1}}. \quad (3.12)$$

Нормируется случайная составляющая погрешности пределом допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности средства измерения $S_{д}(\ddot{\Delta})$.

Как правило, при измерениях случайные и систематические погрешности проявляются одновременно, поэтому погрешности измерения суммируют.

Суммарная погрешность Δ нормируется пределом допускаемого значения $\Delta_{д}$ погрешности средств измерений данного типа.

Для средств измерения, предназначенных для раздельного использования систематическая и случайная составляющие погрешности должны нормироваться отдельно.

Основная погрешность присуща средствам измерений при нормальных условиях их эксплуатации. Нормальные условия регламентируются соответствующими техническими условиями и стандартами на средства измерения конкретного типа. При отклонении условий эксплуатации средств измерений от нормальных значений появляются дополнительные погрешности, которые могут нормироваться раздельно для каждого из влияющих факторов.

Класс точности характеризует совокупность метрологических свойств данного средства измерений. Класс точности указывают на приборе соответствующей цифрой, например, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 4,0.

Пределы допускаемых погрешностей показаний при измерении нелинейных величин (давления, разрежения, температуры, расхода жидкости и т. п.) устанавливают по классам точности средств измерений в соответствии с ГОСТом.

Для повышения точности измерений, исключения ошибок и известных систематических погрешностей рекомендуется в лабораторных

условиях и при проведении исследовательских работ проводить измерения многократными наблюдениями, число которых должно быть не менее трех. Порядок обработки результатов прямых многократных измерений и оценки их погрешностей регламентирует ГОСТ. При статистической обработке результатов наблюдений выполняют следующие операции:

- исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат измерения;
- находят оценку среднего квадратического отклонения результата наблюдения и измерения;
- устанавливают доверительные границы случайной погрешности результата измерения (при этом проверяют гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению);
- исключают из ряда наблюдений грубые погрешности.

Чем меньше систематические погрешности, тем выше точность и правильнее результат измерения. От систематических погрешностей освобождаются, устраняя источники их возникновения до начала измерений, исключая их в процессе измерения, внося вычисленные поправки в результат измерения.

Устранение источников погрешностей существенно упрощает и ускоряет процесс измерения. Для этого необходимо правильно выбирать метод измерения, внимательно устанавливать и настраивать измерительные средства в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя, а измерения проводить тщательно и в соответствующих условиях.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерения осуществляют способами замещения, компенсации погрешностей по знаку, противопоставления и симметричных наблюдений. Для этих способов характерно проведение повторных измерений, поэтому они применимы при измерениях стабильных величин и параметров.

Способ замещения заключается в том, что измеряемый объект заменяют известной мерой или аттестованным образцом, находящимся в тех же условиях. Полученный результат будет свободным от систематической погрешности. Способ замещения является одним из самых надежных приемов исключения погрешностей.

Способ компенсации погрешности по знаку состоит в том, что измерение проводят дважды так, чтобы известная по природе, но неизвестная по значению погрешность входила в результаты с противополо-

ложными знаками. Погрешность исключается при вычислении среднего значения.

Способ противопоставления имеет сходство со способом компенсации погрешности по знаку и основан на том, что измерения проводят дважды так, чтобы причина, вызывающая погрешность при первом измерении, оказала противоположное действие на результат второго. Основная область приложения способа противопоставления – исключение погрешностей при сравнении измеряемой величины с мерой примерно равного значения.

Способ симметричных наблюдений применяется для исключения прогрессивной систематической погрешности и заключается в том, что измерения проводят последовательно через равные интервалы времени, а при обработке используют свойство результатов симметричных наблюдений. Для этого после измерений прибавляют к полученному результату среднюю поправку с обратным знаком:

$$x_i = \acute{x}_i + p, \quad (3.13)$$

где x_i и \acute{x}_i – соответственно исправленный и неисправленный результаты наблюдений;

p – среднее значение поправки.

Вычисление среднего арифметического исправленных результатов наблюдений. Результат наблюдений, в который введены поправки с целью устранения систематических погрешностей, считается исправленным.

Среднее арифметическое \bar{x} из полученных при измерении отдельных единичных наблюдений вычисляют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.14)$$

где x_i – результат наблюдения;

n – число единичных наблюдений.

Если во всех результатах содержится постоянная систематическая погрешность, допускается исключать ее после вычисления среднего арифметического неисправленных результатов наблюдений.

Оценка среднего квадратичного отклонения результата наблюдения и измерения, Среднее квадратичное отклонение S результата единичного наблюдения, взятого из совокупности таких измерений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}. \quad (3.15)$$

Среднее квадратичное отклонение $S(\bar{x})$ результата измерения является параметром функции распределения и подсчитывается по формуле:

$$S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (3.16)$$

где x_i , i^{ii} – результат наблюдения;

\bar{x} – среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений (результат измерения);

n – число наблюдений.

Из формул (3.15) и (3.16) следует, что точность среднего арифметического значения измеряемой величины в \sqrt{n} раз выше точности единичного наблюдения.

Вычисление доверительных границ случайной погрешности результата измерения. Доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности измерения для результатов небольшого числа наблюдений ($3 \leq n < 20$), принадлежащих нормальному распределению, находят по формуле:

$$\varepsilon = t_p S(\bar{x}), \quad (3.17)$$

где t_p – коэффициент Стьюдента.

Коэффициент t_p в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n находят по табл. 3.1.

Окончательно полученный результат измерения записывают в виде:

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon(n, P). \quad (3.18)$$

Для производственных измерений рекомендуется выбирать $P = 0,9$ и $P = 0,95$; для исследовательских целей и при ответственных лабораторных измерениях $P = 0,95$ и $P = 0,99$.

Правильность выбора нормального закона распределения, характеризующего рассеяние результатов наблюдений, проверяют по критериям согласия. В ГОСТе предусмотрены три критерия согласия: Колмогорова, Пирсона χ^2 и Мизеса–Смирнова ω^2 .

В отличие от критерия Колмогорова проверка по критериям согласия хи-квадрат и омега-квадрат требует большего объема вычислительных работ. По критерию Колмогорова сравнивают эмпирические и теоретические значения интегральной функции.

Таблица 3.1

Значение коэффициента t_p для доверительных границ

Число результатов наблюдений n^{-1}	Доверительная вероятность P			Число результатов наблюдений n^{-1}	Доверительная вероятность P		
	0,9	0,95	0,99		0,9	0,95	0,99
2	2,92	4,30	9,92	12	1,78	2,18	3,06
3	2,35	3,18	5,84	14	1,76	2,15	2,98
4	2,13	2,78	4,60	16	1,75	2,12	2,92
5	2,02	2,57	4,03	18	1,73	2,10	2,88
6	1,94	2,48	3,71	20	1,72	2,09	2,85
7	1,90	2,37	3,50	22	1,72	2,07	2,82
8	1,86	2,31	3,36	25	1,71	2,06	2,79
9	1,83	2,26	3,25	30	1,70	2,04	2,75
10	1,81	2,23	3,17	∞	1,65	1,96	2,58

Значения критерия Колмогорова определяют по формуле:

$$\lambda_n = \frac{|\sum_{i=0}^n m_i - \sum_{i=0}^n m_{i\text{теор}}|_{\max}}{n} \sqrt{n} = D_{\max} \sqrt{n}, \quad (3.19)$$

где $\sum_{i=0}^n m_i$ – накопленная эмпирическая частота;

$\sum_{i=0}^n m_{i\text{теор}}$ – накопленная теоретическая частота;

D_{\max} – наибольшая абсолютная разность между накопленными эмпирическими и теоретическими частотами;

n – число результатов наблюдений.

Критерий согласия λ_n подчиняется определенному закону распределения, по которому можно определить уровень значимости $\alpha (\alpha = 1 - P)$. Значения α для различных значений λ_n приведены в табл. 3.2.

Распределение критерия Колмогорова

α	λ_n	α	λ_n	α	λ_n
0,01	0,44	0,30	0,71	0,80	1,07
0,05	0,52	0,40	0,77	0,90	1,22
0,10	0,57	0,60	0,89	0,95	1,36
0,15	0,61	0,70	0,97	0,99	1,63
0,20	0,65				

При $(1 - \alpha) > 0,1$ распределение результатов наблюдений принадлежит нормальному распределению.

При числе результатов наблюдений $n \leq 15$ принадлежность их к нормальному закону не проверяют.

При правильном проведении измерений отсутствуют грубые погрешности. Грубые погрешности и промахи возникают из-за неисправностей измерительных приборов, ошибок оператора, а также при кратковременных резких изменениях условий проведения измерений. Результаты измерений, содержащие грубые погрешности и промахи, отбрасываются. Для исключения из ряда наблюдений грубых погрешностей разработан ряд критериев (Райта, Романовского, Ирвина и др.). Наиболее простым, но грубым приемом является отбрасывание результатов наблюдений, содержащих погрешности, превышающие $\pm 3S$. Этим критерием можно пользоваться при числе наблюдений $n > 20$. При малом n он слабо отсеивает ошибки измерений.

Более точно проверить ошибку наблюдений при $n < 20$ можно по критериям β (согласно ГОСТу) и λ (критерию Ирвина). Для того чтобы принять или исключить наиболее отклоняющиеся от остальных результатов наблюдения, находят отношение:

$$u_{\max} = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{s} \text{ или } u_{\min} = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s},$$

где S – среднее квадратическое отклонение результата наблюдения по формуле (3.15).

Результат сравнивают с величиной β , взятой из табл. 3.3 для данного числа наблюдений n и принятого уровня значимости $\alpha (\alpha = 1 - P)$.

Если $u_{max} \geq \beta$ или $u_{min} \geq \beta$, то сомнительный результат наблюдений следует считать грубым и его надо отбросить. Затем вновь вычисляют $|x|$ и S .

Таблица 3.3

Предельные значения β для исключения грубых погрешностей

Число результатов наблюдений n	Предельные значения β при уровне значимости α			Число результатов наблюдений n	Предельные значения β при уровне значимости α		
	0,1	0,05	0,025		0,1	0,05	0,025
3	1,15	1,15	1,15	10	2,03	2,18	2,29
4	1,42	1,46	1,48	12	2,13	2,29	2,41
5	1,60	1,67	1,72	14	2,21	2,37	2,50
6	1,73	1,82	1,89	16	2,28	2,44	2,58
7	1,83	1,94	2,02	18	2,34	2,50	2,66
8	1,91	2,03	2,13	20	2,38	2,56	2,71
9	1,98	2,11	2,21				

Вышеуказанные способы обработки результатов наблюдений относятся к прямым измерениям. Косвенные измерения физической величины основаны на вычислении ее по соответствующим зависимостям.

В общем виде можно написать, что искомая рассчитываемая величина Q есть функция непосредственно измеряемых величин x, y, z : $Q = f(x, y, z)$. Тогда случайную погрешность косвенно измеряемой величины оценивают по формуле:

$$\Delta_{\bar{Q}} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta_{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta_{\bar{y}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \Delta_{\bar{z}}\right)^2}, \quad (3.20)$$

где $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$ – частные производные функции f по x, y, z ;

$\Delta_{\bar{x}}, \Delta_{\bar{y}}, \Delta_{\bar{z}}$ – вероятные случайные погрешности непосредственно измеряемых величин x, y, z .

Окончательный итог косвенного измерения получают по формуле (3.10).

Единство измерений – это состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и имеют нормированную точность. Для обеспечения единства и достоверности измерений в стране создана единая метрологическая служба, состоящая из государственной и ведомственных метрологических служб министерств и ведомств, руководство деятельностью которых осуществляет Государственный комитет по стандартам. Деятельность государственной и ведомственных метрологических служб определена системой государственных стандартов, которые устанавливают комплекс взаимосвязанных правил и положений, требований и норм. Этот комплекс определяет организацию и методику проведения работ по оценке и обеспечению точности измерений, результаты которых используются государственными органами, предприятиями и учреждениями. Стандарты по обеспечению единства измерений объединены в серии.

Установлена ответственность за обеспечение единства измерений в масштабе страны, определены порядок планирования, разработки, производства и распределения рабочих средств измерений, проведения метрологического контроля состояния и применения измерительной техники.

Работы по обеспечению единства измерений, проводимые на предприятиях, в организациях и учреждениях, отнесены к основным видам работ.

В своей деятельности ведомственная МС руководствуется Положением о метрологической службе.

Основные задачи ведомственной МС:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение уровня и развитие техники измерений, испытаний и контроля на предприятиях;
- методическое руководство, координация и осуществление работ по метрологическому обеспечению разработки, производства, испытаний и эксплуатации средств измерений, выпускаемых на предприятиях;
- внедрение современных методов и средств измерений, испытаний и контроля на предприятиях.

Поверка средств измерений – важнейшая форма государственного надзора за измерительной техникой. Под поверкой понимают экспериментальное определение погрешности средств измерения и установление их пригодности к применению. Поверку проводят, сличая показания проверяемых с образцовыми средствами измерений в соответствии с требованиями государственных стандартов на методы и средства поверки, а при их отсутствии – методических указаний (или инструкций) по поверке.

Погрешность образцовых средств измерений должна быть примерно в 3 раза меньше, чем ожидаемая погрешность поверяемых приборов.

Поверка средств измерения после изготовления или ремонта называется первичной, а проводимая при эксплуатации или хранении средств измерения через определенные промежутки времени (межповерочные интервалы) – периодической. Периодичность поверки средств измерения устанавливают местные метрологические органы, проводящие поверку (один раз в год или два года). В случае отказа средств измерений их направляют в ремонт и на следующую поверку независимо от установленного межповерочного интервала.

Поверку средств измерений, находящихся в обращении проводят органы МС в стационарных и передвижных метрологических лабораториях по заявкам, а также в лабораториях научных и учебных заведений. Предприятиям или организациям разрешено выполнение ремонта и поверки средств измерений при наличии кадров, оборудования и помещения в соответствии с требованиями методических указаний и разрешения органов государственной МС.

На приборы, признанные в результате поверки годными, наносят поверительные клейма или выписывают свидетельства, их корпуса пломбируют.

В организациях и на предприятиях, где не создана МС, проведение работ по метрологическому контролю возлагают на другие подразделения или на отдельных технически подготовленных лиц.

Специально назначенные лица, на которых возложена ответственность за состояние средств измерений, ежегодно составляют календарные графики поверки в виде перечней средств измерений с указанием ее периодичности и календарных сроков. Они должны своевременно предоставлять средства измерений в ремонт и на поверку в соответствии с графиком, согласованным с территориальной метрологической службой, проводящей поверку, вести учет средств измерений и следить за их состоянием и правильным использованием, определять потребности и составлять заявки на средства измерения и лабораторное оборудование, а также оказывать содействие органам Госстандарта при осуществлении государственного надзора за состоянием и применением средств измерений.

Приборы и средства измерений, не прошедшие государственную поверку, считаются индикаторными и учебными с выставлением соответствующего клейма на них.

3.2. Измерение температуры. Методы измерения температуры

Переход тепла от одного тела к другому указывает на зависимость температуры от количества внутренней энергии, носителями которой являются молекулы вещества. Согласно молекулярно-кинетической теории сообщаемая телу тепловая энергия, вызывающая повышение его температуры, преобразуется в энергию движения молекул.

Измерить температуру какого-либо тела непосредственно, т. е. так, как измеряют другие физические величины, например, длину, массу, объем или время, не представляется возможным, ибо в природе не существует эталона или образца единицы этой величины. Поэтому определение температуры вещества производят посредством наблюдения за изменением физических свойств другого, так называемого термометрического (рабочего) вещества, которое, будучи приведено в соприкосновение с нагретым телом, вступает с ним через некоторое время в тепловое равновесие. Такой метод измерения дает не абсолютное значение температуры нагретой среды, а лишь разность относительно исходной температуры рабочего вещества, условно принятой за нуль.

Вследствие изменения при нагреве внутренней энергии вещества практически все физические свойства последнего в большей или меньшей степени зависят от температуры, но для ее измерения выбираются по возможности те из них, которые однозначно меняются с изменением температуры, не подвержены влиянию других факторов и сравнительно легко поддаются измерению. Этим требованиям наиболее полно соответствуют такие свойства рабочих веществ, как объемное расширение, изменение давления в замкнутом объеме, изменение электрического сопротивления, возникновение термоэлектродвижущей силы и интенсивность излучения положенные в основу устройства приборов для измерения температуры.

Изменение агрегатного состояния химически чистого вещества (плавление или затвердевание, кипение или конденсация), как известно, протекает при постоянной температуре, значение которой определяется составом вещества, характером его агрегатного изменения и давлением. Значения этих воспроизводимых температур равновесия между твердой и жидкой или жидкой и газообразной фазами различных веществ при нормальном атмосферном давлении. Нормальное атмосферное давление условно принято равным среднему давлению воздушного столба земной атмосферы, равном 101 325 Па (760 мм рт. ст.), называются *реперными точками*.

Если принять в качестве основного интервал температур между реперными точками плавления льда и кипения воды, обозначив их соответственно 0 и 100, в пределах этих температур измерить объемное расширение какого-либо рабочего вещества, например, ртути, находящейся в узком цилиндрическом стеклянном сосуде, и разделить на 100 равных частей изменение высоты ее столба, то в результате будет построена так называемая *температурная шкала*.

Для измерения температуры, лежащей выше или ниже выбранных значений реперных точек, полученные деления наносят на шкале и за пределами отметок 0 и 100. Деления температурной шкалы называются *градусами*.

Пользуясь вторым законом термодинамики, английский физик Кельвин в 1848 г. предложил совершенно точную и равномерную, не зависящую от свойств рабочего вещества шкалу, получившую название *термодинамической температурной шкалы* (шкалы Кельвина). Последняя основана на уравнении термодинамики для обратимого процесса (цикла Карно), имеющем вид:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}. \quad (3.21)$$

Это уравнение показывает, что при работе теплового двигателя по обратимому циклу отношение количества тепла Q_1 получаемого рабочим веществом от нагревателя, к количеству тепла Q_2 отдаваемого им холодильнику, пропорционально только отношению температур T_1 и T_2 нагревателя и холодильника. Придав определенное значение T_2 , при известных значениях Q_1 и Q_2 можно из соотношения (3.21) найти искомую величину T_1 . Однако практически указанный метод измерения температуры использован быть не может, так как нельзя осуществить обратимый цикл работы теплового двигателя.

Термодинамическая температурная шкала начинается с абсолютного нуля и в настоящее время является основной. Абсолютным нулем называется температура, при которой давление идеального газа при постоянном объеме равно нулю. Единицы термодинамической температуры обозначаются знаком *К* (кельвин), а условное значение ее – буквой *T*. Новая международная практическая единица измерения температурной шкалы – градус обозначается знаком °С (градус Цельсия), а условное значение температуры – буквой *t*. Для этой шкалы градус *Цельсия* равен *кельвину*.

Приборы для измерения температуры разделяются в зависимости от используемых ими физических свойств веществ на следующие группы с диапазоном показаний представлены в табл. 3.4:

Таблица 3.4

Классификация приборов для измерения температуры

Приборы для измерения температуры	Диапазон показаний
Термометры расширений	-190 ÷ +650 °С
Манометрические термометры	-160 ÷ +600 °С
Термометры сопротивления	-200 ÷ +650 °С
Термоэлектрические термометры	-50 ÷ +1800 °С
Пирометры	+300 ÷ +6000 °С

Термометры расширения основаны на свойстве тел изменять, под действием температуры, свой объем.

Манометрические термометры работают по принципу изменения давления жидкости, газа или пара с жидкостью в замкнутом объеме при нагревании или охлаждении этих веществ. Этот принцип использован при построении Международной практической температурной шкалы по газовому термометру.

Термометры сопротивления основаны на свойстве металлических проводников изменять, в зависимости от нагрева, их электрическое сопротивление.

Термоэлектрические термометры построены на свойстве разнородных металлов и сплавов образовывать в паре (спае) термоэлектродвижущую силу, зависящую от температуры спаея.

Пирометры работают по принципу измерения излучаемой нагретыми телами энергии, зависящей от температуры этих тел.

3.3. Измерение скорости воздушного потока

Движение воздуха относительно земной поверхности называется ветром. Как правило, имеется в виду горизонтальная составляющая движения. Иногда говорят о восходящем или нисходящем ветре, т. е. учитывают вертикальную составляющую этого движения: ветер характеризуется вектором скорости. Известно, что всякий вектор определяется абсолютной величиной и направлением. Когда говорят о скорости ветра, имеют в виду только числовое ее значение, т. е. путь, проходимый индивидуальным объемом воздуха за единицу времени относительно

земной поверхности. Направление вектора скорости называется направлением ветра. За направление ветра принимается азимут точки, откуда дует ветер, отсчитываемый от точки севера через восток. Скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/с). Скорость ветра оценивается и в баллах по так называемой шкале Бофорта. По шкале весь интервал возможных значений скорости ветра делится на 12 градаций. Каждая единица шкалы связывает скорость ветра с различными его эффектами, такими, как степень волнения моря, качание ветвей деревьев, распространением дыма из труб и т. д. Различают сглаженную скорость ветра, т. е. некоторую среднюю величину скорости за некоторый обычно небольшой промежуток времени, в течение которого производятся наблюдения, и мгновенную скорость ветра в данный момент (измеряемую очень малоинерционным прибором). Мгновенная скорость ветра отмечает порывы и внезапное ослабление ветра. Она очень сильно колеблется около сглаженной скорости, временами может быть значительно меньше или больше ее. На метеорологических станциях обычно измеряют сглаженную скорость ветра. Средние скорости ветра у земной поверхности близки к 5–10 м/с и редко превышают 12–15 м/с. В мелкомасштабных вихрях (смерчи, торнадо) возможны скорости и более 100 м/с. В верхней тропосфере в так называемых струйных течениях средняя скорость ветра на больших пространствах может достигать до 70–100 м/с.

Скорость ветра у земной поверхности измеряется анемометрами разной конструкции или флюгером Вильда. Наибольшее распространение получили анемометры с приемными частями в виде вертушек (чашечный анемометр, мельничный анемометр), которые вращаются с большей или меньшей скоростью в зависимости от давления на них ветра. В флюгере Вильда давление, оказываемое ветром, отклоняет от положения равновесия вертикально висящую металлическую доску. По скорости вращения вертушки или по отклонению доски можно определить скорость ветра. Есть конструкции, основанные на манометрическом принципе (трубка Пито), либо на измерении величины охлаждения нагретого тела под действием ветра (термоанемометр). Имеется ряд конструкций самопишущих приборов – анемографов и (если измеряется также направление ветра) анеморумбографов. Приборы для измерения ветра на наземных метеорологических станциях устанавливаются на высоте 10–12 м над земной поверхностью. Измеренный ими ветер и называется ветром у земной поверхности.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

4.1. Измерение силы тока и напряжения электрической энергии

Для измерения постоянных и переменных токов используют как прямые, так и косвенные методы. Выбор методов и средств измерения силы электрического тока зависит от частоты тока, амплитуды, формы кривой тока, мощности измерительной цепи, мощности, потребляемой средством измерения, необходимой точностью измерения. Если электромеханические приборы обеспечивают заданную точность измерения, следует их предпочесть другим средствам измерения, как более простые и дешевые.

Многие потребители постоянного тока имеют силу тока в пределах от 0,5 до 10 А. Токи от 0,5 до 6 кА проще всего измерять амперметром магнитоэлектрической и электродинамической систем.

Для определения малых постоянных токов в маломощных цепях используют зеркальные гальванометры и магнитоэлектрические микроамперметры.

Наиболее высокую точность измерения постоянных токов получают при измерении компенсационным методом при помощи потенциметров или при измерении цифровыми амперметрами (погрешность не более 0,02 %). Этим методом можно измерить токи начиная от 10^{-8} А.

Для расширения пределов измерений в цепях постоянного тока используют шунты, но применение шунтов приводит к увеличению мощности, потребляемой средствами измерений, снижению их точности и чувствительности.

Для измерения переменных токов до 10 мкА применяют электронные микроамперметры (класс точности 1,5÷2,5), токов свыше 10 мкА – цифровые амперметры (погрешность не более 0,5 %), токов свыше 100 мкА – миллиамперметры выпрямительной системы и термоэлектрической системы с промежуточными усилителями постоянного тока (класс точности 1,0–1,5), токов свыше 1 мА – ферродинамические миллиамперметры (класс точности 0,5).

Для измерения средних значений силы тока промышленной частоты применяют приборы электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, выпрямительной, термоэлектрической, электронной систем, цифровые амперметры, компенсаторы переменного тока. Наибольшую точность измерений обеспечивают электродинамические приборы, а наиболее широко применяются электромагнитные приборы.

Если высокая точность измерений синусоидальных токов не требуется, удобно пользоваться переносными многопредельными вольтамперметрами выпрямительной системы (погрешность 1,5÷3,0 %).

Для измерений больших токов промышленной частоты используют те же приборы, но включают их через измерительные трансформаторы тока.

Если необходимо записать во времени изменение тока, то для этого обычно используют, самопишущие приборы ферродинамической системы.

Токи повышенной и высокой частоты измеряют амперметрами электростатической, термоэлектрической систем, выпрямительными, электронными и цифровыми приборами. Применение того или иного прибора зависит от частоты измеряемого тока, входного сопротивления или индуктивности прибора, так как включение измерительного прибора в сеть может изменить режим работы цепи, ее эквивалентное сопротивление и самое измеряемую величину.

Наиболее точные измерения (погрешность до 1 %) обеспечиваются цифровыми вольтметрами переменного тока и цифровыми комбинированными приборами.

Наиболее высокую точность измерения силы постоянного тока можно получить при помощи потенциометра (компенсатора) постоянного тока.

Напряжение можно измерять прямым методом, с помощью вольтметров различных систем, а также компенсационными методами. Если электромеханические вольтметры обеспечивают заданную точность измерения, то для измерения напряжения лучше всего использовать их как более простые и дешевые.

Для измерения постоянного напряжения можно использовать магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, электростатические вольтметры, а также более сложные электронные и цифровые.

Для измерения напряжения постоянного тока наиболее широко используют магнитоэлектрические приборы.

Если необходимо измерять малые постоянные напряжения с высокой точностью, то применяют потенциометры постоянного тока, цифровые вольтметры или цифровые комбинированные приборы, например, Щ1611, Щ1313, Щ1513, Щ300, В7-22, В7-23 и т. п.

Для расширения диапазона измерений прибора используют добавочные резисторы, включаемые последовательно с прибором. Добавочные резисторы следует подбирать так, чтобы измерение проводилось в конце шкалы прибора.

При выборе вольтметра для измерения напряжения следует учитывать его такую важную характеристику, как входное сопротивление:

$$R_{\text{вх}} = \frac{U_i}{I}, \quad (4.1)$$

где U_x – измеряемое напряжение;

I – общий ток, проходящий через добавочный резистор и вольтметр (индикатор).

Чем больше входное сопротивление вольтметра, тем меньше он влияет на объект измерения (тем меньшую мощность от объекта измерения он потребляет). Чем больше чувствительность прибора, или его разрешающая способность, тем больше должно быть его входное сопротивление.

Для измерения действующих значений напряжений переменного тока промышленной частоты обычно применяют вольтметры электромагнитной (если не требуется большой точности измерений), электродинамической (если требуется большая точность измерений) и электростатической (если нужен вольтметр с большим внутренним сопротивлением) систем.

Все эти приборы, как и вольтметры постоянного тока, имеют измерительный механизм с последовательно включенным добавочным резистором.

Если требуется большая точность измерения напряжения, то используют потенциометры переменного тока, цифровые и электронные вольтметры.

Вольтметры (милливольтметры, киловольтметры) включают параллельно участку цепи, падение напряжения на котором необходимо измерить, если верхний предел измерений прибора больше измеряемого напряжения. Если измеряемое напряжение больше верхнего предела измерений, указанного на приборе, то для расширения пределов измерений прибор включают через измерительный трансформатор напряжения.

Вольтметры для измерения напряжений на повышенной и высокой частоте обычно имеют магнитоэлектрический измерительный механизм в сочетании с полупроводниковыми или ламповыми преобразователями переменного тока в постоянный.

Предпочтение часто отдают вольтметрам с полупроводниковыми выпрямителями из-за их простоты, компактности, отсутствия необходимости внешних источников питания, большого входного сопротивления, высокой надежности.

Полупроводниковые выпрямители, однако, не позволяют измерить напряжение с высокой точностью.

Цифровые вольтметры – один из самых распространенных видов ЦИП. К их достоинствам относится представление результата измере-

ния в цифровой форме, исключающей субъективные погрешности, возможность автоматического выбора пределов измерений и полярности, быстрое действие, возможность ввода данных в ЭВМ.

Основная погрешность цифровых вольтметров постоянного напряжения нормируется пределом допускаемой общей погрешности $\sigma_{\text{доп}}$ и на уровне 1 В составляет $0,3 \pm 0,003$ %.

Для измерения и исследования изменения напряжения во времени часто используют электронно-лучевые осциллографы. Если необходимые измерения сравнительно просты и их желательно выполнять при минимальном числе регулировок, удобнее применять моноблочный осциллограф.

4.2. Измерение электрической мощности

Известно, что мощность приемника, включенного в цепь постоянного тока, зависит от напряжения U на его зажимах и тока I . Значение мощности можно определить по формуле:

$$P = UI = IR^2 = \frac{U^2}{R} = U^2 gP, \quad (4.2)$$

где R – сопротивление приемника (нагрузки), Ом;

g – проводимость приемника, См.

Из (4.2) видно, что мощность в цепи постоянного тока можно измерить несколькими косвенными методами.

Один из таких методов, метод измерения мощности в цепи постоянного тока магнитоэлектрическими амперметром и вольтметром. При использовании этого метода необходимо учитывать сопротивление приемника и в зависимости от этого выбирать схему включения приборов.

Мощность в цепи постоянного тока лучше всего измерять непосредственно электродинамическими и ферродинамическими ваттметрами. Их пределы измерений по току и напряжению следует выбирать такими, чтобы при заданных мощностях ваттметр работал в конце шкалы прибора. Кроме того, значения напряжения и тока в измерительной цепи не должны превышать номинальных значений тока и напряжения ваттметра.

5. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Основными характеристиками результата измерений являются точность и достоверность. Точность измерений определяет их качество и уменьшается с увеличением погрешностей. Достоверность измерений характеризует степень доверия к полученным результатам. Обычно стремятся к тому, чтобы погрешность измерений не превышала заданных границ с необходимой достоверностью.

Погрешности измерений делят на систематические и случайные. Кроме них, в процессе измерения могут появиться грубые погрешности, то есть существенно превышающие ожидаемые при данных условиях. Обычно грубые погрешности при обработке результатов измерений не учитывают.

В зависимости от причины возникновения различают следующие погрешности: инструментальные, то есть зависящие от погрешностей применяемых средств измерений; метода измерений, обусловленные несовершенством метода измерений; отсчитывания, происходящие от недостаточно точного отсчитывания показаний средств измерений; интерполяции при отсчитывании, возникающие от недостаточно точного оценивания на глаз деления шкалы, соответствующей положению указателя; от параллакса, происходящие вследствие визирования стрелки, расположенной на некотором расстоянии от поверхности шкалы в направлении, перпендикулярном поверхности шкалы.

По форме выражения рассматривают абсолютные погрешности, то есть представленные в единицах измеряемой величины, и относительные.

5.1. Систематические погрешности

Систематические погрешности измерений не зависят от числа измерений и при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по определенному закону, искажая результат. При наличии систематической погрешности в полученный результат измерений вносят поправку, а если систематическую погрешность нельзя исключить, то оценивают ее границы.

Систематические погрешности подразделяются на инструментальные, погрешности метода, в том числе и вызываемые влиянием самих средств измерений на измеряемую цепь, погрешности отсчитывания и возникающие при изменении влияющих величин, например, температуры окружающей среды, магнитных полей, напряжения питания и т. п., погрешности считывания.

Устранение источников погрешностей до начала измерений путем регулировки или ремонта средств измерений, удаления средства измерений от источника погрешности (например, источника теплоты или внешних магнитных полей), стабилизации напряжения, правильной установки прибора (указывается в технической документации).

5.2. Случайные погрешности

Исключение погрешностей в процессе измерений способами замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений. Способ замещения заключается в том, что измеряемый объект заменяют известной мерой, находящейся в тех же условиях. Погрешность измерения при этом зависит от погрешности меры и случайной составляющей погрешности. Постоянные составляющие погрешности при этом исключаются.

Способ компенсации заключается в том, что измерение проводят дважды так, чтобы неизвестная по размеру погрешность входила в результаты измерений с противоположным знаком, тогда при вычислении среднего значения двух измерений систематическая погрешность исключается. Число измерений может быть больше двух, но обязательно четным. Способ применяют только для исключения погрешностей, источники которых имеют направленное действие. Так можно исключить влияние магнитных полей, магнитного гистерезиса и т. п.

Способ противопоставления заключается в том, что измерения проводят два раза, причем так, чтобы причина, вызывающая погрешность при первом измерении, оказала противоположное действие на результат второго. Применяют этот способ в основном при сравнении измеряемой величины с мерой примерно равного значения. Например, сопротивление r_x измеряют при помощи равноплечего моста, в котором в каждом из плеч r_2 и r_3 сопротивления равны 1000 Ом. Равновесие достигнуто при $R_1 = 1000,4$ Ом. После перемены местами r_x и r_1 равновесие достигнуто при $r'' = 1000,2$ Ом, тогда $r_x = \frac{(1000,4 + 1000,2)}{2} = 1000,3$ Ом.

Способ симметричных наблюдений применяют для исключения погрешности, являющейся линейной функцией другой величины, например, времени. Измерение проводят последовательно через одинаковые интервалы времени, а при обработке используют свойство результатов любых двух измерений, симметричных относительно средней точки интервала наблюдений. Свойство состоит в том, что погрешность результатов любой пары симметричных наблюдений равна погрешности, соответствующей средней точке интервала. Например, выполнено

пять измерений, начатых в момент времени t_1 , погрешность при этом имела значение δ_1 тогда $\frac{\delta_1 + \delta_5}{2} = \frac{\delta_2 + \delta_4}{2} = \delta_3$.

Внесение известных поправок в результат измерения. Если поправка по числовому значению равна систематической погрешности и противоположна ей по знаку, то ее прибавляют к результату измерений. Если поправка является поправочным множителем, то погрешность исключают умножением результатов измерений на поправочный множитель. Значение поправок и поправочных множителей определяют в результате поверки средства измерений.

Составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины, называется случайной погрешностью.

Для исключения случайной погрешности измерения проводят неоднократно, причем, чем больше измерений, тем меньше значение.

5.3. Погрешности косвенных измерений

При косвенных измерениях измеряемую величину x определяют на основании измерений некоторых других величин (a, b, c, \dots). Например, при измерении сопротивления методом вольтметра и амперметра измеряют силу тока и напряжение, а по их значениям определяют значение сопротивления. Среднее значение измеряемой величины находят по формуле:

$$\bar{x} = f(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots), \quad (5.1)$$

где $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots$ – среднее значение величин a, b, c, \dots

Среднее квадратическое отклонение измеряемой величины определяется из формулы

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)^2 \sigma_b^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial c}\right)^2 \sigma_c^2 + \dots}, \quad (5.2)$$

где $\frac{\partial f}{\partial a}$ – частные производные, взятые в точке, соответствующей полученным результатам прямых измерений;

σ_a – среднее квадратическое отклонение результата измерения величины a .

5.4. Грубые погрешности

Если в полученной выборке результатов измерений имеются один-два резко отличающихся от остальных, то необходимо проверить, нет ли описки, ошибки в снятии показаний. Если ошибок нет, то необходимо проверить статистическими методами, не являются ли наибольший и наименьший из результатов грубыми погрешностями. Для этого определяют значение v по формулам

$$v = \frac{(x_{max} - \bar{x})}{\sigma_x}, \quad (5.3)$$

$$v = \frac{(\bar{x} - x_{min})}{\sigma_x}. \quad (5.4)$$

Вычисленные значения v_p сравнивают с табличными v_p (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Значение v_p в зависимости от доверительных вероятностей P_o и числа измерений n

n	v_p при P_o , равной				n	v_p при P_o , равной			
	0,9	0,95	0,975	0,99		0,9	0,95	0,975	0,99
3	1,406	1,412	1,414	1,404	9	2,097	2,237	2,349	2,464
4	1,645	1,689	1,710	1,723	10	2,146	2,294	2,414	2,540
5	1,731	1,869	1,917	1,955	11	2,190	2,383	2,470	2,606
6	1,894	1,996	2,067	2,130	12	2,229	2,387	2,663	2,663
7	1,974	2,093	2,182	2,265	13	2,264	2,426	2,562	2,714
8	2,041	2,172	2,273	2,374	14	2,297	2,461	2,602	2,759
					15	2,326	2,493	2,638	2,808

Если вычисленное значение v меньше табличного v_p , то гипотезу принимают. Если $v_p > v_p$, то гипотезу отвергают и результат $x_{max}(x_{min})$ из дальнейшей обработки результатов измерений исключают.

6. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Стандартизация – это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производств и обращения продукции и повышения конкурентоспособности продукции, работ или услуг. Стандартизацию обеспечивает Федеральный закон о техническом регулировании.

Техническое регулирование – правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области *оценки соответствия*.

Оценка соответствия – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту.

Цели стандартизации:

- Повышение уровня безопасности жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, экологической безопасности.
- Повышение уровня безопасности объектов с учётом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.
- Обеспечение научно-технического прогресса.
- Повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг.
- Рациональное использование ресурсов.
- Техническая и информационная совместимость.
- Сопоставимость результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных.
- Взаимозаменяемость продукции.
- Принципы стандартизации.
- Добровольное применение стандартов.
- Максимальный учёт при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц.
- Применение международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям Кыргызской Республики, техническим и (или) техно-

логическим особенностям или по иным основаниям, либо если Кыргызская Республика в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения.

- Недопустимость создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации.
- Недопустимость установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам.
- Обеспечение условий для единообразного применения стандартов.

Методы стандартизации:

- Симплификация (от лат. Simplex – простой) – сокращение марок и сортиментов материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий до количества, достаточного для выпуска изделий с требуемыми показателями качества.
- Унификация – уменьшение числа типов, видов и размеров объектов одинакового функционального назначения.
- Типизация – разработка и установление конструктивных, технологических, организационных типовых решений на основе наиболее прогрессивных методов и режимов работы.
- Агрегатирование – компоновка конечного изделия из ограниченного набора унифицированных узлов, обладающих геометрической и функциональной взаимозаменяемостью.

Принцип взаимозаменяемости изделий – свойство независимо изготавливаемых деталей и сборочных единиц занимать свое место в изделии без дополнительной обработки. Данный принцип позволяет в процессе монтажа и замены технических конструкций (оборудования, приборов, аппаратов, механизмов, агрегатов) исключить необходимость в подгонке.

Взаимозаменяемость обеспечивают путем установления в стандартах, чертежах, нормативных документах и другой технической документации единых номинальных размеров для сопрягаемых деталей, соответствующих допустимых пределов размеров, геометрических форм и расположения поверхностей и регламентирующих требований к качеству материалов. Взаимозаменяемые детали должны быть одинаковыми по размерам, массе, форме, твердости, физико-химическим свойствам и многим другим параметрам, установленным соответствующими стандартами.

Различают функциональную и геометрическую взаимозаменяемость изделий.

Геометрическая взаимозаменяемость – вид взаимозаменяемости, при которой обеспечивается сборка изделия по геометрическим параметрам с учетом размеров, формы и расположения деталей.

Виды стандартов.

Стандарт (от англ. Standard – норма, образец) – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт также может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения.

Стандарты делятся на международные, национальные и стандарты организаций.

Международный стандарт – стандарт, принятый международной организацией.

Национальный стандарт – стандарт, утверждённый национальным органом по стандартизации (в нашей стране – национальным органом Кыргызской Республики).

Национальные стандарты, правила их разработки и применения представляют собой национальную систему стандартизации. Они разрабатываются в порядке, установленном Федеральным законом о техническом регулировании и утверждаются национальным органом по стандартизации в соответствии с правилами стандартизации, нормами и рекомендациями в этой области.

Национальный стандарт применяется на добровольной основе равным образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов и особенностей сделок и (или) лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

Применение национального стандарта подтверждается знаком соответствия национальному стандарту.

Стандарты организаций, в том числе коммерческих, общественных, научных, саморегулируемых, объединений юридических лиц могут разрабатываться и утверждаться ими самостоятельно:

- исходя из необходимости применения этих стандартов для названных выше целей стандартизации;
- для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ и оказания услуг;

- для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и работ.

Порядок разработки, утверждения, учёта, изменения и отмены стандартов организаций устанавливается ими самостоятельно с учётом названных выше принципов стандартизации.

Проект стандарта организации может представляться разработчиком в технический комитет по стандартизации, который организует проведение экспертизы данного проекта. На основании результатов экспертизы комитет готовит заключение и направляет его разработчику проекта.

Как и национальные стандарты, стандарты организаций применяются главным образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов и особенностей сделок и (или) лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

Национальные органы по стандартизации.

Органами по стандартизации являются:

- Национальный орган Кыргызской Республики по стандартизации;
- Технические комитеты по стандартизации.

Национальный орган Кыргызской Республики по стандартизации:

- утверждает национальные стандарты;
- принимает программу разработки национальных стандартов;
- организует экспертизу проектов национальных стандартов;
- обеспечивает соответствие национальной системы стандартизации интересам национальной экономики, состоянию материально-технической базы и научно-техническому прогрессу;
- осуществляет учёт национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций в этой области и обеспечивает их доступность заинтересованным лицам;
- создаёт технические комитеты по стандартизации и координирует их деятельность;
- участвует в соответствии с уставами международных организаций в разработке международных стандартов и обеспечивает учёт интересов Кыргызской Республики при их принятии;
- утверждает изображение знака соответствия национальным стандартам;
- представляет Кыргызскую Республику в международных организациях, осуществляющих деятельность в области стандартизации.

Правительство Кыргызской Республики определяет орган, уполномоченный исполнять функции национального органа по стандартизации.

В состав технических комитетов по стандартизации на паритетных началах и добровольной основе могут включаться представители федеральных органов исполнительной власти, научных организаций, саморегулируемых организаций, общественных объединений предпринимателей и потребителей.

Порядок создания и деятельности технических комитетов по стандартизации утверждается национальным органом по стандартизации.

Международное сотрудничество в сфере стандартизации

Сложившееся современное международное разделение труда и связанная с этим торговля, научно-техническое сотрудничество потребовали достижения международных соглашений и разработки международных нормативных документов, требования которых были бы однозначны и для изготовителя, и для потребителя. Эти документы должны содержать технические требования, методы и условия испытаний, точные определения величин, которые следует измерять, сведения о приборах, с помощью которых производятся измерения, данные о точности этих приборов и методах их поверки.

Международное сотрудничество в сфере стандартизации проходит по линии международных и региональных организаций по стандартизации, а также многосторонних и двусторонних связей на основании указов Президента и постановлений правительства Кыргызской Республики по вопросам стандартизации.

В развитии международной стандартизации заинтересованы как страны с развитой экономикой, так и развивающиеся страны, которые только начинают создавать свою национальную экономику.

В области международной стандартизации участвует несколько организаций, среди которых наиболее известны: Международная организация по стандартизации (ИСО, англ. – ISO), Международная электротехническая комиссия (МЭК), Европейская организация по контролю качества (ЕОКК), Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ), Международное бюро мер и весов (МБМВ) и ряд других. Международные стандарты и рекомендации этих организаций, формально не являясь обязательными нормативными документами, фактически соблюдаются всеми заинтересованными сторонами в той мере, в какой это им необходимо.

Наиболее представительной и известной из международных организаций, занимающихся стандартизацией, является *Международная организация по стандартизации*, в которую входят около 170 стран. Эта организация разрабатывает международные стандарты всех возможных

видов: организационно-методические, технические требования, методы испытаний и т. д.

Стандарты Международной организации по стандартизации (стандарты ISO) обычно разрабатываются следующим образом. Специалистами ISO выбирается за основу наиболее прогрессивный, современный и действующий национальный стандарт одной из стран и в качестве первой редакции стандарта ISO он переводится на английский, французский, немецкий и русский языки и рассылается для ознакомления и сбора отзывов всем членам технического комитета по данному направлению. После этого на основании отзывов разрабатывается вторая редакция и процесс повторяется. Затем на заседании технического комитета обсуждаются разногласия, и вырабатывается единая редакция документа, которая утверждается на основе консенсуса.

Обозначения стандартов ISO аналогичны ГОСТу, только год утверждения отделяется двоеточием, а не тире и пишется полностью. Стандарты ISO носят рекомендательный характер, хотя часто применяются в международных контрактах в качестве обязательных.

Из международных организаций по стандартизации, построенных по отраслевому принципу, наибольшую известность и влияние имеет МЭК, которая курирует все вопросы, связанные с электрической и электронной техникой. Организационная структура и принципы деятельности её аналогичны ISO, часто они работают совместно и выпускают единые документы. Обозначения стандартов МЭК аналогичны ГОСТу, в случае выпуска совместного стандарта с ISO он имеет обозначение ISO/IEC.

7. СЕРТИФИКАЦИЯ

Сертификация – форма подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положений стандартов или условиям договоров, осуществляемого органом по сертификации.

Технический регламент – документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Сертификацию обеспечивает Федеральный закон о техническом регулировании.

Современный этап в истории Российской Федерации характеризуется переходом на рыночные отношения, внедрением экономических методов управления, повышением самостоятельности предприятий, активизацией участия в международном разделении труда и освоении рынков сбыта продукции. В этих условиях повышение качества продукции становится одной из важнейших экономических, политических, идеологических и нравственных задач нашей страны.

Установленные и общепринятые требования и стандарты на продукцию вынуждают изготовителя добиваться достижения необходимых потребительских свойств и качества изделий, чтобы обеспечить их конкурентоспособность на мировом рынке. При этом как производитель, так и потребитель особо заинтересованы в официальном подтверждении высокого уровня качества продукции. Всё это может быть связано только с успешной сертификацией продукции.

Цели подтверждения соответствия:

- удостоверение соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
- содействие приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг;
- повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг на кыргызском и международном рынках;
- создание условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Кыргызской Республики, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Принципы подтверждения соответствия:

- доступность информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;
- недопустимость применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов;
- уменьшение сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;
- недопустимость принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;

- защита имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;
- недопустимость подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

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

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии;
- обязательной сертификации.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для установления соответствия национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации, условиям договоров.

Объектами добровольного подтверждения соответствия являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования.

Орган по сертификации выполняет следующие функции:

- осуществляет подтверждение соответствия объектов добровольного подтверждения соответствия;
- выдает сертификаты соответствия на объекты, прошедшие добровольную сертификацию;
- предоставляет заявителям право на применение знака соответствия, если применение знака соответствия предусмотрено соответствующей системой добровольной сертификации;
- приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия.

Система добровольной сертификации может быть создана юридическим лицом и (или) индивидуальным предпринимателем или несколькими юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями.

Лицо или лица, создавшие систему добровольной сертификации:

- устанавливают перечень объектов, подлежащих сертификации, и их характеристик, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация;
- устанавливают правила выполнения предусмотренных данной системой добровольной сертификации работ и порядок их оплаты;
- определяют участников данной системы добровольной сертификации.

Системой добровольной сертификации может предусматриваться применение знака соответствия.

Система добровольной сертификации может быть зарегистрирована федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Для регистрации системы добровольной сертификации в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию представляются:

- свидетельство о государственной регистрации юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя;
- правила функционирования системы добровольной сертификации;
- изображение знака соответствия, применяемое в данной системе добровольной сертификации, если применение знака соответствия предусмотрено, и порядок применения знака соответствия;
- документ об оплате регистрации системы добровольной сертификации.

Регистрация системы добровольной сертификации осуществляется в течение пяти дней с момента представления названных документов в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию. Порядок регистрации системы добровольной сертификации и размер платы за регистрацию устанавливаются Правительством Кыргызской Республики. Плата за регистрацию системы добровольной сертификации подлежит зачислению в федеральный бюджет.

Отказ в регистрации системы добровольной сертификации допускается только в случае, если не представлены названные документы, или если совпадает наименование системы и (или) изображение знака соответствия с наименованием системы и (или) изображением знака соответствия зарегистрированной ранее системы добровольной сертификации. Уведомление об отказе в регистрации системы добровольной сертификации направляется заявителю в течение трех дней со дня принятия решения об отказе в регистрации этой системы с указанием оснований для отказа.

Отказ в регистрации системы добровольной сертификации может быть обжалован в судебном порядке.

Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию ведёт единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации, содержащий сведения об юридических лицах и (или) об индивидуальных предпринимателях, создавших системы добровольной сертификации, о правилах функционирования систем, знаках соответствия и порядке их применения. Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию должен обеспечить доступность сведений, содержащихся в едином реестре зарегистрированных систем добровольной сертификации, заинтересованным лицам.

Порядок ведения единого реестра зарегистрированных систем добровольной сертификации и порядок предоставления сведений, содержащихся в этом реестре, устанавливаются федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Объекты сертификации, сертифицированные в системе добровольной сертификации, могут маркироваться знаком соответствия системы добровольной сертификации. Порядок применения такого знака соответствия устанавливается правилами соответствующей системы добровольной сертификации.

Применение знака соответствия национальному стандарту осуществляется заявителем на добровольной основе любым удобным для заявителя способом в порядке, установленном национальным органом по стандартизации.

Объекты, соответствие которых не подтверждено в установленном порядке, 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 Кыргызской Республики.

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

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия и действуют на всей территории Кыргызской Республики.

Работы по обязательному подтверждению соответствия подлежат оплате заявителем.

Декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем:

- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств;
- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра) (далее – третья сторона).

Схема декларирования соответствия с участием третьей стороны устанавливается в техническом регламенте в случае, если отсутствие третьей стороны приводит к тому, что не достигаются цели подтверждения соответствия.

При декларировании соответствия на основании собственных доказательств заявитель самостоятельно формирует доказательственные материалы в целях подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. В качестве доказательственных материалов используются техническая документация, результаты собственных исследований (испытаний) и измерений и (или) другие документы, послужившие мотивированным основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. Состав доказательственных материалов определяется соответствующим техническим регламентом.

При декларировании соответствия на основании собственных доказательств и полученных с участием третьей стороны доказательств заявитель по своему выбору в дополнение к собственным доказательствам:

- включает в доказательственные материалы протоколы исследований (испытаний) и измерений, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории (центре);
- предоставляет сертификат системы качества, в отношении которого предусматривается контроль (надзор) органа по сертификации, выдавшего данный сертификат, за объектом сертификации.

Декларация о соответствии оформляется на русском языке и должна содержать:

- наименование и местонахождение заявителя;
- наименование и местонахождение изготовителя;
- информацию об объекте подтверждения соответствия, позволяющую идентифицировать этот объект;
- наименование технического регламента, на соответствие требованиям которого подтверждается продукция;

- указание на схему декларирования соответствия;
- заявление заявителя о безопасности продукции при её использовании в соответствии с целевым назначением и принятии заявителем мер по обеспечению соответствия продукции требованиям технических регламентов;
- сведения о проведенных исследованиях (испытаниях) и измерениях, сертификате системы качества, а также документах, послуживших основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов;
- срок действия декларации о соответствии;
- иные предусмотренные соответствующими техническими регламентами сведения.

Срок действия декларации о соответствии определяется техническим регламентом.

Форма декларации о соответствии утверждается федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Оформленная по установленным правилам декларация о соответствии подлежит регистрации федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию в течение трёх дней.

Для регистрации декларации о соответствии заявитель представляет в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию декларацию о соответствии – сертификат.

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом.

Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

Сертификат соответствия включает в себя:

- наименование и местонахождение заявителя;
- наименование и местонахождение изготовителя продукции, прошедшей сертификацию;
- наименование и местонахождение органа по сертификации, выдавшего сертификат соответствия;
- информацию об объекте сертификации, позволяющую идентифицировать этот объект;
- наименование технического регламента, на соответствие требованиям которого проводилась сертификация;

- информацию о проведенных исследованиях (испытаниях) и измерениях;
- информацию о документах, представленных заявителем в орган по сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям технических регламентов;
- срок действия сертификата соответствия.

Срок действия сертификата соответствия определяется соответствующим техническим регламентом. Форма сертификата соответствия утверждается федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации, аккредитованным в порядке, установленном Правительством Кыргызской Республики.

Орган по сертификации выполняет следующие функции:

- привлекает на договорной основе для проведения исследований (испытаний) и измерений испытательные лаборатории (центры), аккредитованные в порядке, установленном Правительством Кыргызской Республики (далее – аккредитованные испытательные лаборатории (центры));
- осуществляет контроль объектов сертификации, если такой контроль предусмотрен соответствующей схемой обязательной сертификации и договором;
- ведет реестр выданных им сертификатов соответствия;
- информирует соответствующие органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов о продукции, поступившей на сертификацию, но не прошедшей её;
- приостанавливает или прекращает действие выданного им сертификата соответствия;
- обеспечивает предоставление заявителям информации о порядке проведения обязательной сертификации;
- устанавливает стоимость работ по сертификации на основе утвержденной Правительством Кыргызской Республики методики определения стоимости таких работ.

Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию ведет единый реестр выданных сертификатов соответствия.

Порядок ведения единого реестра выданных сертификатов соответствия, порядок предоставления содержащихся в едином реестре сведений и порядок оплаты за предоставление содержащихся в указанном реестре сведений устанавливаются Правительством Кыргызской Республики.

Порядок передачи сведений о выданных сертификатах соответствия в единый реестр выданных сертификатов устанавливается федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Исследования (испытания) и измерения продукции при осуществлении обязательной сертификации проводятся аккредитованными испытательными лабораториями (центрами).

Аккредитованные испытательные лаборатории (центры) проводят исследования (испытания) и измерения продукции в пределах своей области аккредитации на условиях договоров с органами по сертификации. Органы по сертификации не вправе предоставлять аккредитованным испытательным лабораториям (центрам) сведения о заявителе.

Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет результаты исследований (испытаний) и измерений соответствующими протоколами, на основании которых орган по сертификации принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата соответствия. Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) обязана обеспечить достоверность результатов исследований (испытаний) и измерений.

Продукция, соответствие которой требованиям технических регламентов подтверждено в порядке, предусмотренном Федеральным законом о техническом регулировании, маркируется знаком обращения на рынке. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством Кыргызской Республики. Данный знак не является специальным защищенным знаком и наносится в информационных целях.

Маркировка знаком обращения на рынке осуществляется заявителем самостоятельно любым удобным для него способом.

Продукция, соответствие которой требованиям технических регламентов не подтверждено в порядке, установленном Федеральным законом о техническом регулировании, не может быть маркирована знаком обращения на рынке.

Заявитель вправе:

- выбирать форму и схему подтверждения соответствия, предусмотренные для определенных видов продукции соответствующим техническим регламентом;
- обращаться для осуществления обязательной сертификации в любой орган по сертификации, область аккредитации которого распространяется на продукцию, которую заявитель намеревается сертифицировать;
- обращаться в орган аккредитации с жалобами на неправомерные действия органов сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) в соответствии с законодательством Кыргызской Республики.

Заявитель обязан:

- обеспечивать соответствие продукции требованиям технических регламентов;
- выпускать в обращение продукцию, подлежащую обязательному подтверждению соответствия, только после осуществления такого подтверждения соответствия;
- указывать в сопроводительной технической документации и при маркировке продукции сведения о сертификате соответствия или декларации о соответствии;
- предъявлять в органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов, а также заинтересованным лицам документы, свидетельствующие о подтверждении соответствия продукции требованиям технических регламентов (декларацию о соответствии, сертификат соответствия или их копии);
- приостанавливать или прекращать реализацию продукции, если срок действия сертификата соответствия или декларации о соответствии истек либо действие сертификата соответствия или декларации о соответствии приостановлено либо прекращено;
- извещать орган по сертификации об изменениях, вносимых в техническую документацию или технологические процессы производства сертифицированной продукции;
- приостанавливать производство продукции, которая прошла подтверждение соответствия и не соответствует требованиям технических регламентов, на основании решений органов государственного контроля (надзора) за соблюдение требований технических регламентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и сертификация: учебник. 2-е изд. / Ю. И. Борисов, А. С. Сигов, В. И. Нефедов и др.; Под ред. А. С. Сигова. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. 336 с.
2. Кошева И. П., Канке А. А. Метрология, стандартизация, сертификация: учебник. М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. 416 с.
3. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. 671 с.
4. ГОСТ 8.022-91 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока.
5. Федеральный закон о техническом регулировании № 184-ФЗ от 27.12.02.
6. Постановление ППКР от 2013 г. № № 49, 119, 120, 164, 227, 401, 658.
7. Иванов В. А., Марусина М. Я., Ткалич В. Л. Прикладная метрология: учебное пособие. СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003. 104 с.
8. 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.
9. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология. Общая теория измерений: учеб.-мет. комплекс (учеб. пособие), 3-е изд., перераб. и доп. / И. Ф. Шишкин. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. 189 с.

Составители:

*Василий Владимирович Кириллов,
Замира Джумабаевна Сейдакматова,
Валерий Александрович Шабанов*

МЕТРОЛОГИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИЯ,
СЕРТИФИКАЦИЯ
И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ

Методическое руководство
по изучению специальности
для бакалавров

*Редактор А. И. Шевченко
Компьютерная верстка – Ю. Ф. Атаманов*

Подписано в печать 30.09.15.
Формат 60x84¹/₁₆
Офсетная печать. Объем 3,25 п.л.
Тираж 100 экз. Заказ 278

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2