

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова»
(ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)**

Кафедра «Технология машиностроения и приборостроения»

Классификация средств измерений

Методические указания к выполнению практической работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»
для направления: 15.03.05 - Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительного
производства

Составитель: Е.В. Чумакова

**Издание ВФ ИжГТУ
имени М.Т. Калашникова**

Воткинск 2019

УДК 621. 753

Рецензент

А.Н.Шельпяков, канд. техн. наук, доцент кафедры
«Технология машиностроения и приборостроения» ВФ ФГБОУ
ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

Составитель

Е.В.Чумакова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология
машиностроения и приборостроения» ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ
имени М.Т. Калашникова»

«Классификация средств измерений»:

методические указания к выполнению практической работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»/ /
сост.: Е.В. Чумакова. – Воткинск: Изд. ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ
имени М.Т. Калашникова», 2019.-28с.

В методических указаниях рассмотрены типы инструментов, даны
рекомендации по проведению измерений инструментами.

Методические указания предназначены для обучающихся всех форм
обучения специальностей/направлений: 15.03.05 - Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительного производства,
24.05.01«Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-
космических комплексов»

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры «Технология
машиностроения и приборостроения» (протокол № __ от __.__.2019) и
рекомендовано к изданию методическим советом ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ
имени М.Т. Калашникова».

Протокол № _____ от «___» _____ 2019г.

УДК 621. 753

Чумакова Е.В., составление, 2019

Содержание:

Цель работы. Теоретическая часть

2. Практическая часть 19

3. Контрольные вопросы 19

Литература 20

Цель работы: научить классифицировать различные средства измерений, применяемые в технологии машиностроения, научить выбирать средства измерения по их метрологическим характеристикам.

ПК-18 Способность участвовать в разработке программ и методик контроля и испытания машиностроительных изделий, средств технологического оснащения, диагностики, автоматизации и управления, осуществлять метрологическую поверку средств измерения основных показателей качества выпускаемой продукции, в оценке ее брака и анализе причин его возникновения, разработке мероприятий по его предупреждению и устранению;

ПК-19 Способность осваивать и применять современные методы организации и управления машиностроительными производствами, выполнять работы по доводке и освоению технологических процессов, средств и систем технологического оснащения, автоматизации, управления, контроля, диагностики в ходе подготовки производства новой продукции, оценке их инновационного потенциала, по определению соответствия выпускаемой продукции требованиям регламентирующей документации, по стандартизации, унификации технологических процессов, средств и систем технологического оснащения, диагностики, автоматизации и управления выпускаемой продукцией.

1. Теоретическая часть

Средство измерений (СИ) – техническое средство предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимают неизменным в течение известного интервала времени.

Средства измерительной техники – обобщающее понятие, охватывающее технические средства, специально предназначенные для измерений. К средствам измерительной техники относятся средства измерений и их совокупности

(измерительные системы, измерительные установки), измерительные принадлежности, измерительные устройства.

1.1. Виды средств измерений

К средствам измерений относятся: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и системы, измерительные принадлежности.

Мерой называют средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера. К данному виду средств измерений относятся гири, концевые меры длины и т.п. На практике используют однозначные и многозначные меры, а также наборы и магазины мер. Однозначные меры воспроизводят величины только одного размера (гиря). Многозначные меры воспроизводят несколько размеров физической величины. Например, миллиметровая линейка дает возможность выразить длину предмета в сантиметрах и в миллиметрах.

Наборы и магазины представляют собой объединение (сочетание) однозначных или многозначных мер для получения возможности воспроизведения некоторых промежуточных или суммарных значений величины.

Набор мер представляет собой комплект однородных мер разного размера, что дает возможность применять их в нужных сочетаниях. Например, набор лабораторных гирь.

Магазин мер — сочетание мер, объединенных конструктивно в одно механическое целое, в котором предусмотрена возможность посредством ручных или автоматизированных переключателей, связанных с отсчетным устройством, соединять составляющие магазин меры в нужном сочетании. По такому принципу устроены магазины электрических сопротивлений.

К однозначным мерам относят стандартные образцы и стандартные вещества.

Стандартный образец — это должным образом оформленная проба вещества (материала), которая подвергается метрологической аттестации с целью установления количественного значения определенной характеристики. Эта характеристика (или свойство) является величиной с известным

значением при установленных условиях внешней среды. К подобным образцам относятся, например, наборы минералов с конкретными значениями твердости (шкала Мооса) для определения этого параметра у различных минералов.

Стандартным образцом является образец чистого цинка, который служит для воспроизведения температуры 419,527 °С по международной температурной шкале МТШ-90.

При пользовании мерами следует учитывать номинальное и действительное значения мер, а также погрешность меры и ее разряд. Номинальным называют значение меры, указанное на ней.

Действительное значение меры должно быть указано в специальном свидетельстве как результат высокоточного измерения с использованием официального эталона.

Разность между номинальным и действительным значениями называется *погрешностью меры*. Величина, противоположная по знаку погрешности, представляет собой поправку к указанному на мере номинальному значению. Поскольку при аттестации (поверке) также могут быть погрешности, меры подразделяют на разряды (1-го, 2-го и т.д. разрядов) и называют *разрядными эталонами* (образцовые измерительные средства), которые используют для поверки измерительных средств. Величина погрешности меры служит основой для разделения мер на классы, что обычно применимо к мерам, употребляемым для технических измерений.

Измерительный преобразователь — это средство измерений, которое служит для преобразования сигнала измерительной информации в форму, удобную для обработки или хранения, а также передачи в показывающее устройство. Измерительные преобразователи либо входят в конструктивную схему измерительного прибора, либо применяются совместно с ним, но сигнал преобразователя не поддается непосредственному восприятию наблюдателем. Например, преобразователь может быть необходим для передачи информации в память компьютера, для усиления напряжения и т.д. Преобразуемую величину называют входной, а результат преобразования — выходной величиной. Основной метрологической характеристикой

измерительного преобразователя считается соотношение между входной и выходной величинами, называемое функцией преобразования.

Преобразователи подразделяются на первичные (непосредственно воспринимающие измеряемую величину), передающие, на выходе которых величина приобретает форму, удобную для регистрации или передачи на расстояние; промежуточные, работающие в сочетании с первичными и не влияющие на изменение рода физической величины.

Измерительные приборы — это средства измерений, которые позволяют получать измерительную информацию в форме, удобной для восприятия пользователем. Различаются измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения.

Приборы прямого действия отображают измеряемую величину на показывающем устройстве, имеющем соответствующую градуировку в единицах этой величины. Изменения рода физической величины при этом не происходит. К приборам прямого действия относят, например, амперметры, вольтметры, термометры и т.п.

Приборы сравнения предназначены для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны. Такие приборы широко используются в научных целях, а также и на практике для измерения таких величин, как яркость источников излучения, давление сжатого воздуха и др.

Измерительные установки и системы — это совокупность средств измерений, объединенных по функциональному признаку со вспомогательными устройствами, для измерения одной или нескольких физических величин объекта измерений. Обычно такие системы автоматизированы и обеспечивают ввод информации в систему, автоматизацию самого процесса измерения, обработку и отображение результатов измерений для восприятия их пользователем. Такие установки (системы) используют и для контроля (например, производственных процессов), что особенно актуально для метода статистического контроля, а также принципа TQM в управлении качеством.

Измерительные принадлежности — это вспомогательные средства измерений величин. Они необходимы для вычисления

поправок к результатам измерений, если требуется высокая степень точности. Например, термометр может быть вспомогательным средством, если показания прибора достоверны при строго регламентированной температуре; психрометр — если строго оговаривается влажность окружающей среды.

Следует учитывать, что измерительные принадлежности вносят определенные погрешности в результат измерений, связанные с погрешностью самого вспомогательного средства.

По метрологическому назначению средства измерений делят на два вида — рабочие средства измерений и эталоны.

Рабочие средства измерений применяют для определения параметров (характеристик) технических устройств, технологических процессов, окружающей среды и др. Рабочие средства могут быть лабораторными (для научных исследований), производственными (для обеспечения и контроля заданных характеристик технологических процессов), полевыми (для самолетов, автомобилей, судов и т.п.). Каждый из этих видов рабочих средств отличается особыми показателями. Так, лабораторные средства измерений — самые точные и чувствительные, а их показания характеризуются высокой стабильностью. Производственные обладают устойчивостью к воздействиям различных факторов производственного процесса: температуры, влажности, вибрации и т.п., что может сказаться на достоверности и точности показаний приборов. Полевые работают в условиях, постоянно изменяющихся в широких пределах внешних воздействий.

Особым средством измерений является эталон.

1.2. Эталоны, их классификация и виды

Эталон — это высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений. От эталона единица величины передается разрядным эталонам, а от них — рабочим средствам измерений.

Эталоны классифицируют на первичные, вторичные и рабочие.

Первичный эталон — это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным.

Национальный эталон утверждается в качестве исходного средства измерения для страны национальным органом по метрологии. В России национальные (государственные) эталоны утверждает Госстандарт РФ.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Важнейшая задача деятельности МБМВ состоит в систематических международных сличениях национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также и между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из условий международных экономических связей. Сличению подлежат как эталоны основных величин системы СИ, так и производных. Установлены определенные периоды сличения. Например, эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, а электрические и световые эталоны — один раз в 3 года.

Первичному эталону соподчинены вторичные и рабочие (разрядные) эталоны. Размер воспроизводимой единицы вторичным эталоном сличается с государственным эталоном. Вторичные эталоны (их иногда называют "эталон-копии") могут утверждаться либо Госстандартом РФ, либо государственными научными метрологическими центрами, что связано с особенностями их использования. Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и в свою очередь служат для передачи размера менее точному рабочему эталону (или эталону более низкого разряда) и рабочим средствам измерений.

Самыми первыми официально утвержденными эталонами были прототипы метра и килограмма, изготовленные во

Франции, которые в 1799 г. были переданы на хранение в Национальный архив Франции, поэтому их стали называть "метр Архива" и "килограмм Архива". С 1872 г. килограмм стал определяться как равный массе "килограмма Архива". Каждый эталон основной или производной единицы Международной системы СИ имеет свою интересную историю и связан с тонкими научными исследованиями и экспериментами.

Например, принятый в 1791 г. Национальным собранием Франции эталон метра, равный одной десятиллионной части четверти дуги парижского меридиана, в 1837 г. пришлось пересмотреть. Французские ученые установили, что в четверти меридиана содержится не 10 млн., а 10 млн. 856 метров. К тому же известно, что происходят, хотя и незначительные, но все же постоянные изменения формы и размера Земли. В этой связи ученые Петербургской академии наук в 1872 г. предложили создать международную комиссию для решения вопроса о целесообразности внесения изменений в эталон метра. Комиссия решила не создавать новый эталон, а принять в качестве исходной единицы длины "метр Архива", хранящийся во Франции. В 1875 г. была принята Международная метрическая конвенция, которую подписала и Россия. Этот год метрологи считают вторым рождением метра как основной международной единицы длины.

Уже в XX в. (1967 г.) были опубликованы исследования более точного измерения парижского меридиана, которые показали, что четверть меридиана равна 10 млн. 1954,4 метра. Таким образом, "метр Архива" всего на 0,2 мм короче меридионального метра.

В 1889 г. был изготовлен 31 экземпляр эталона метра из платино-иридиевого сплава. Оказалось, что эталон № 6 при температуре 0°C точно соответствует длине "метра Архива", и именно этот экземпляр эталона по решению I Генеральной конференции по мерам и весам был утвержден как международный эталон метра, который хранится в г. Севре (Франция). Остальные 30 эталонов были переданы разным государствам. Россия получила № 28 и № 11, причем в качестве государственного был принят эталон № 28.

Погрешность платино-иридиевых эталонов метра, равная $+1,1 \cdot 10^{-7}$ м уже в начале XX в. оценивалась как неудовлетворительная, и в 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам выработала другое определение метра — в длинах световых волн, что основано на постоянстве длины волны спектральных линий излучения атомов. Это основа криптонового эталона метра. Погрешность криптонового эталона намного меньше, чем платино-иридиевого, и равна $5 \cdot 10^{-9}$.

Однако в космический век и эта точность оказалась недостаточной, а новейшие достижения науки позволили в 1983 г. на XVII Генеральной конференции мер и весов принять новое определение метра как длины пути, проходимого светом за $1/299792458$ доли секунды в условиях вакуума. Следует отметить, что на этой же конференции было объявлено точно определяемое современной наукой значение скорости света.

Не менее интересна история эталона единицы массы. "Килограмм Архива", который был принят за эталон массы в 1872 г., представляет собой платиновую цилиндрическую гирю, высота и диаметр которой равны по 39 мм. Прототипы (вторичные эталоны) для практического применения были сделаны из платино-иридиевого сплава. За международный прототип килограмма была принята платино-иридиевая гиря, по точности в наибольшей степени соответствующая массе "килограмма Архива".

По решению I Генеральной конференции по мерам и весам России из 42 экземпляров прототипов килограмма были переданы № 12 и № 26, причем №12 утвержден в качестве государственного эталона массы. Прототип № 26 использовался как вторичный эталон.

Национальный (государственный) эталон массы хранится в НПО "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" (г. Санкт-Петербург) на кварцевой подставке под двумя стеклянными колпаками в стальном сейфе, температура воздуха поддерживается в пределах $20 \pm 3^\circ\text{C}$, относительная влажность 65%. Один раз в 10 лет с ним сличаются два вторичных эталона.

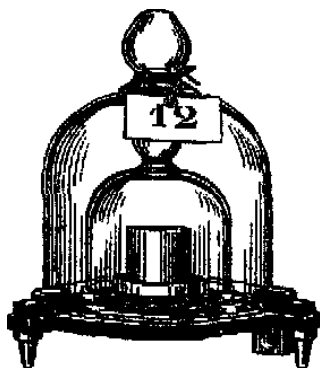


Рис. 1. Эталон килограмма

При сличении с международным эталоном наш национальный эталон массы получил значение $1,0000000877$ кг. Для передачи размера единицы массы от прототипа № 12 вторичным эталонам используются специальные весы № 1 и № 2 с дистанционным управлением на 1 кг; весы № 1 изготовлены фирмой "Рупрехт", а № 2 — НПО "ВНИИМ им Д.И. Менделеева". Погрешность воспроизведения килограмма составляет $2 \cdot 10^{-9}$.

За 100 с лишним лет существования описанного прототипа килограмма, конечно, были попытки создать более современный эталон на основе фундаментальных физических констант масс различных атомных частиц (протона, электрона и т.д.). Однако на современном уровне научно-технического прогресса пока не удалось воспроизвести этим новейшим методом массу килограмма с меньшей погрешностью, чем существующая.

Отклонения массы эталонов, определяемые при международных сличениях, показывают достаточную степень ее стабильности. В табл.1 приведены результаты двух сличений.

1.3. Перспективы развития эталонов

За последние годы получены высокие результаты точности и надежности эталонов, создаваемых на основе использования квантовых эффектов, что позволяет предположить возможность создания новых эталонов в недалеком будущем.

С использованием квантовых эффектов был создан современный эталон ампера и ома. Квантовые эталоны характеризуются высокой степенью стабильности значений погрешности воспроизведения единиц величин,

С помощью новых методов и средств измерений уточняются фундаментальные физические константы, поэтому точность квантовых эталонов будет возрастать.

Результаты международных сличений эталона массы

Страна	Номер эталона	Отклонение массы эталона, мг		Разность массы эталонов
		Первое сличение	Второе сличение	
Международный эталон МБМВ	31	+0,162	+0,128	-0,034
Франция	35	+0,191	+0,183	-0,008
СССР	12	+0,068	+0,085	+0,017
США	20	-0,039	-0,019	+ 0,02
Япония	6	+0,169	+0,170	+0,001
Италия	5	+0,018	+0,018	0,000
Швейцария	38	+0,183	+0,214	+0,031

Ученые полагают, что квантовые эталоны можно будет считать "вечными мерами", так как способность воспроизведения единиц физических величин у таких эталонов не подвержена влиянию внешних условий, географического местонахождения и времени.

Если будет создан эталон массы на основе возможностей ядерной физики, то многие существующие эталоны перейдут в разряд "вечных", поскольку размерности их величин связаны так или иначе с массой. В таких условиях изменится и система поверки и калибровки, которая привязана к государственным эталонам, т.е. произойдет ее децентрализация, что обеспечит значительный экономический эффект.

Ожидается появление возможности создания сравнительно недорогих квантовых эталонов и рабочих средств измерений на основе практического использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости, что послужит

началом нового периода в развитии фундаментальной и практической метрологии.

1.4. Классификация средств измерений.

Ниже перечислены существующие средства измерений:

Элементарные

Комплексные

Меры

Устройства сравнения

Измерительные преобразователи

Измерительные приборы

Информационные измерительные системы

Измерительные установки

Измерительно-вычислительные комплексы

однозначные

многозначные

набор мер

ввозимые

магазин мер

первичные

промежуточные

масштабные

аналоговые

аналого-цифровые

встроенные

цифро-аналоговые

аналоговые

цифровые

регистрирующие

показывающие.

Измерительный преобразователь (ИП)- техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, преобразования и передачи. ИП или входит в состав измерительного прибора (измерительной установки,

измерительной системы), или применяется вместе с каким-либо средством измерений. ИП, на который непосредственно воздействует измеряемая ФВ, т.е. первый преобразователь в цепи измерительного прибора (термопара в цепи термоэлектрического термометра), называется первичным. Если первичный ИП имеет самостоятельную конструкцию и нормируемую функцию преобразования он называется датчиком. ИП является основой для построения более сложных средств измерений: измерительных приборов, измерительных систем, автоматических систем управления.

Измерительный прибор – СИ, предназначенное для получения значений измеряемой ФВ в установленном диапазоне. Измерительные приборы по способу измерений подразделяются на приборы прямого действия и приборы сравнения. Приборы прямого действия отображают размер измеряемой величины на показывающем устройстве (термометр, амперметр). Приборы сравнения - средства, посредством которых возможно выполнять сравнения друг с другом мер однородных величин или показания измерительных приборов (рычажные весы: на одну чашку устанавливается эталонная гиря, на другую поверяемая; градуировочная жидкость для сравнения показаний эталонного и рабочего ареометров; давление среды создаваемое компрессором для измерения эталонного и поверяемого манометра).

Измерительные приборы подразделяются на аналоговые и цифровые. В аналоговом измерительном приборе показания являются непрерывной функцией изменения измеряемой величины (жидкостной термометр). Цифровой измерительный прибор автоматически вырабатывает дискретные сигналы измерительной информации, а его показания представляются в цифровой форме.

В зависимости от выполняемых функций измерительные приборы подразделяются на:

- показывающие, в которых предусмотрен только отсчет показаний;
- регистрирующие, в которых предусмотрена регистрация показаний;

- самопишущие, в которых регистрация показаний осуществляется путем записи в форме диаграмм.

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

Информационно-измерительные системы (ИИС) – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта с целью измерений одной или нескольких ФВ, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях. ИИС позволяет осуществлять обработку измерительной информации, централизованное автоматическое или автоматизированное управление процессом, многоканальные измерения различных физических величин. ИИС могут быть информационные, контролирующие, управляющие.

По метрологическому признаку различают рабочие и метрологические СИ. Рабочие средство измерений предназначены для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений. Метрологическое СИ служат для хранения, воспроизведения и передачи размера ФВ. Их используют для поверки и калибровки рабочих средств измерений (эталон).

По уровню стандартизации СИ бывают стандартизированные и нестандартизированные.

1.5. Метрологические характеристики средств измерений

Метрологическая характеристика средства измерений (МХ) – характеристика одного или нескольких свойств СИ, влияющая на результат измерений или его характеристики. Метрологические характеристики средств измерений, которые установлены в нормативным документе, называются нормированными, а

определенные экспериментально называются - действительными.

К основным метрологическим характеристикам СИ относятся:

- деление шкалы – промежуток между двумя соседними отметками шкалы СИ.

- цена деления шкалы – разность значения величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы СИ. Цена деления шкалы связана с числом делений и погрешностью ИП;

- начальное и конечное значение шкалы - наименьшее и наибольшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале СИ;

- диапазон показания СИ – область значения шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы;

- диапазон измерений СИ - область значений ФВ, в пределах которой нормированы допустимые погрешности средств измерений. Значение величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно нижним и верхним пределом измерений. Например, у шкалы на рис. 5.2 начальный участок (~20%) сжат, потому производить отсчеты на нем неудобно. Тогда предел измерения по шкале составляет 50 ед., а диапазон — 10...50 ед.

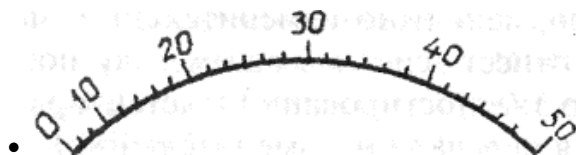


Рис.2. Неравномерная шкала СИ

- номинальное значение меры – значение величины, приписанное мере при ее изготовлении, часто оно указано на мере;

- действительное значение меры - значение величины, приписанное мере при ее калибровке и поверке. Государственный эталон единицы массы имеет действительное значение 1,00000087 кг;

- показание СИ – значение величины на показывающем устройстве СИ;

- чувствительность СИ (S) – свойство СИ, определяемое отношением изменений входного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины. Различают абсолютную S и относительную S_o чувствительность, которые определяются по формулам

$$S = \Delta y / \Delta x \quad S_o = \Delta y / (\Delta x / x), \quad (1)$$

где Δy - изменение величины на выходе средства измерения;
 Δx - изменение измеряемой величины; x - измеряемая величина;

- порог чувствительности СИ – характеристика СИ в виде наименьшего значения изменения ФВ, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным СИ;

- смещение нуля – показание СИ, отличное от нуля, при входном сигнале, равном нулю;

- дрейф показаний СИ – изменение показаний СИ во времени, обусловленное изменением влияющих величин или других факторов;

- погрешность СИ – разность между показанием СИ и истинным (действительным) значением измеряемой ФВ.

Точность СИ – характеристика качества СИ, отражающая близость его погрешности к нулю. К точностным характеристики СИ относят погрешность СИ, нестабильность, порог чувствительность, дрейф нуля. Обобщенной характеристикой точности для данного типа СИ является *класс точности*, который может выражаться допустимой основной и дополнительной погрешностями, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ одного типа, но не является непосредственно показателем точности измерений, выполняемых этими средствами, что является важным при выборе СИ.

Для оценки качества и эффективности СИ применяют и ряд других характеристик: стабильность характеристик, потребление

электроэнергии, защищенность в внешних влияний, габариты, масса, стоимость и др.

1.6. Выбор методов и средств измерений

Выбор метода выполнения и средств измерений – сложная задача, которая зависит от многих факторов:

- назначения и области применения;
- диапазона применения;
- пределов допускаемых погрешностей (точности измерений);
- быстродействия;
- необходимого вида информации (местные или дистанционные показания, автоматическая регистрация, сигнализация и т. д.);
- необходимости и возможности использования информации в системах автоматического управления;
- требований к помещению для проведения анализов и измерений;
- стоимости и экономической эффективности от использования;
- требований к обслуживающему персоналу, массы, габаритов оборудования и т. д.

Кроме этих факторов при выборе измерительных приборов для контроля параметров технологических процессов производства пищевых продуктов следует учитывать также специальные требования к приборам контроля:

- датчики приборов контроля не должны вызывать изменения химико-технологических показателей продукции;
- датчики приборов не должны содержать вредных и запахообразующих веществ;
- конструкции приборов должны обеспечивать безопасность их эксплуатации.

Для правильного выбора средств и метода измерений необходимо установить рациональную номенклатуру измеряемых параметров, что позволит получить достоверную и объективную информацию обо всех этапах ведения

технологических процессов производства. Рациональную номенклатуру измеряемых параметров определяют в процессе проведения метрологической экспертизы нормативно-технической, конструкторской и технологической документации. При этом оценивают:

- соответствие измеряемых параметров, показателей качества и их нормативных значений требованиям нормативной документации;
- достаточность этой номенклатуры с позиций соответствия продукции или технологического процесса своему назначению, достоверности контроля, безопасности труда и защиты окружающей среды;
- обоснованность нормируемых значений и допускаемых технологических отклонений параметров и показателей качества.

При этом для каждого технологического требования проверяют возможность автоматизации контроля и регулирования измеряемых параметров; экономическую и технологическую целесообразность использования средств дистанционного централизованного контроля параметров.

Выбор метода измерений и средств измерений по назначению и области применения предполагает выбор подходящего принципа измерения и проверку по справочной литературе наличия в смежных отраслях промышленности подходящего метода измерения данной или близкой ей величины.

Диапазон измерений следует выбирать таким образом, чтобы он на 15–20 % превышал диапазон возможных изменений измеряемой величины и был ближайшим к границе измерений измеряемого параметра. Диапазон измерений вторичного прибора должен соответствовать диапазону измерений первичного преобразователя. Например, температура раствора должна находиться в пределах от 50 до 70 °С. Ее измеряют с помощью манометрического термометра. По каталогу термометры этого типа выпускаются промышленностью со следующими диапазонами измерения: 50...150, 0...100, 0...150 °С. Следует выбрать термометр с диапазоном 0...100 °С, так как в первом случае нет запаса по нижней границе, а в третьем – верхний диапазон имеет лишний запас.

При выборе манометров следует учитывать, что работа вблизи конечного значения шкалы сокращает срок службы пружинных манометров из-за появления остаточных деформаций пружины. Поэтому значение допустимого рабочего давления должно быть не более 75 % конечного значения шкалы измерительного прибора. В то же время при постоянной работе манометра в начале шкалы точность измерений будет заведомо заниженной, так как допускаемая основная погрешность прибора определяется его наибольшим значением диапазона измерений. Поэтому минимальное измеряемое давление не должно быть меньше 1/3 конечного значения шкалы. Исходя из надежности работы манометра рекомендуют конечное значение шкалы прибора выбирать с таким расчетом, чтобы оно превышало измеряемую величину при постоянном или плавно изменяющемся давлении в 1,5 раза, а при резко переменном характере измеряемого давления – в 2 раза.

При выборе метода и средств измерений по точности необходимо учитывать, что погрешность измерения должна быть меньше возможной технологической погрешности контролируемого параметра объекта измерений. Соотношение точностей можно записать с помощью формулы

$$C = \Delta_1 / \Delta_2, \quad (2)$$

где Δ_1 – предел допускаемых погрешностей метода измерений;
 Δ_2 – предел допускаемых погрешностей контролируемого параметра.

Обычно $1/10 \leq C \leq 1/2$.

Большой запас по точности экономически невыгоден, так как с повышением точности увеличиваются экономические затраты. При малой точности возможна существенная ошибка контроля.

При измерении температуры для уменьшения вероятности допущения погрешности необходимо выбирать такое средство измерений, основная погрешность которого в точке измерения составляет:

– не более 1/3 величины заданной погрешности (допускаемого отклонения) измеряемой температуры в случае, если измерения требуется выполнить с наивысшей точностью;

– не более $2/3$ величины заданной погрешности измеряемой температуры во всех остальных случаях.

Пример 1. По технологическому процессу необходимо измерить температуру 120°C с погрешностью $\pm 2^{\circ}\text{C}$ и вести регистрацию результатов измерений.

При выборе диапазона измерений необходимо учитывать, что конечное значение шкалы выбранного прибора должно превышать измеряемую величину в 1,2 раза. По каталогу или номенклатурному справочнику находим нужный диапазон измерений выбираемого прибора – $0 \dots 150^{\circ}\text{C}$.

Так как основная погрешность средств измерений должна составлять $2/3$ величины заданной погрешности измеряемой температуры, определяем допускаемую основную погрешность показаний выбираемого прибора

$$\Delta = \pm(2 \cdot 2/3) = \pm 1,3^{\circ}\text{C},$$

Допускаемую приведенную погрешность показаний прибора определяют по формуле:

$$\gamma' = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \frac{1,3}{150} \cdot 100 = \pm 0,87\%$$

По допускаемой приведенной погрешности определяют класс точности прибора. Так как стандартизированные средства измерения температуры не выпускают с классом точности 0,87, проводим округление в меньшую сторону и устанавливаем класс точности 0,5. Затем по номенклатурному справочнику или каталогу на средства измерения температуры подбираем средство измерения температуры с диапазоном измерений $0 \dots 150^{\circ}\text{C}$ и классом точности 0,5. Данным параметрам отвечают приборы: электронный самопишущий мост типа КСМ4 и электронный самопишущий потенциометр типа КСП4. Автоматический мост типа КСМ 4 работает в комплекте с термометрами сопротивления типов ТСП и ТСМ, а автоматический потенциометр типа КСП4 – в комплекте с термоэлектрическими термометрами. Основная погрешность

термометра сопротивления меньше основной погрешности показаний термоэлектрических термометров, поэтому выбирают электронный автоматический самопишущий мост типа КСМ4 с диапазоном измерений 0...150°C и классом точности 0,5. В качестве первичного преобразователя к прибору КСМ4 с диапазоном измерений 0...150°C выбирают термометр сопротивления с диапазоном измерений 0...150°C и основной погрешностью показаний прибора $\pm 0,25$ %. Допускаемая основная погрешность показаний прибора КСМ4 составляет $\pm 0,5$ % от верхнего предела измерений, т. е. $\pm 0,75^\circ\text{C}$, а допускаемая основная погрешность термометра сопротивления $\pm 0,25$ %, что составляет $\pm 0,38^\circ\text{C}$. Таким образом, допускаемая основная погрешность показаний всего измерительного комплекта будет равна $\pm 1,13^\circ\text{C}$. Выбранный измерительный комплект обеспечит измерение контролируемого параметра с заданной погрешностью $\pm 2^\circ\text{C}$.

Пример 2. Необходимо измерить избыточное давление газа 2,6 МПа с погрешностью $\pm 0,21$ МПа. Определяем конечное значение шкалы прибора: $2,6 \cdot 1,5 = 3,9$ МПа.

Поскольку у приборов измерения давления шкалы с таким конечным значением нет, ближайшее значение в сторону увеличения - 4,0 МПа.

Допускаемая абсолютная основная погрешность прибора составляет

$$\Delta = \pm(0,21 \cdot 1/3) = \pm 0,07 \text{ МПа},$$

тогда допускаемая приведенная погрешность равна

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100 = \pm \left(\frac{0,07}{4,0} 100 \right) = \pm 1,75 \%.$$

Поскольку стандартизированные приборы измерения давления не выпускаются с классом точности 1,75, для получения

более точного результата измерений производим округление в меньшую сторону и выбираем класс точности 1,5.

Таким образом, для измерения давления 2,6 МПа с погрешностью $\pm 2,1$ МПа следует выбрать манометр с конечным значением шкалы 4 МПа и классом точности 1,5.

При выборе метода и средства измерений по быстрдействию исходят из того, что они могут применяться для измерения параметров продукции без учета динамической погрешности только в том случае, если изменения измеряемой величины за время измерения не превышают $1/3$ предела допускаемых погрешностей средств измерений (СИ), установленного в нормативной документации.

1.7.Алгоритм выбора средств измерений

1. Провести технико-экономическое обоснование необходимости контроля данного параметра.
2. Уточнить необходимый диапазон измерений, точность измерений, условия работы СИ.
3. По каталогу СИ, рекомендованных для отрасли, выбрать СИ с соответствующими техническими характеристиками.
4. Уточнить технико-экономическую целесообразность установки выбранного СИ.
5. Скорректировать методику измерений выбранным СИ с учетом специфики контролируемого продукта (процесса).
6. Включить выбранное СИ в план поверок измерительных приборов.

Контроль за правильностью выбора средств измерений, применяемых для метрологического обеспечения технологического процесса, осуществляется при проведении метрологической экспертизы нормативно-технической документации (технологических инструкций, технических условий и др.) и при государственном метрологическом надзоре.

На основании анализа метрологического обеспечения технологических процессов отрасли и метрологической экспертизы проектов составляют "Карту метрологического обеспечения технологических процессов и контроля качества и

количества сырья, материалов, готовой продукции", которую включают в проекты технологических инструкций. Метрологическая карта, с одной стороны, позволяет правильно и быстро выбрать методы и средства измерений, с другой стороны, позволяет оперативно осуществлять ведомственный контроль за состоянием метрологического обеспечения технологических процессов и качеством и количеством сырья, материалов и готовой продукции.

2. Практическая часть

Для средства измерения, применяемого в технологическом процессе изготовления детали изделия машиностроения, необходимо выполнить описание и классификацию по пунктам:

1. Область применения.
2. Метрологические характеристики.
3. Принцип работы и схема устройства.
4. Достоинства и недостатки.
5. Классификация по РМГ 29-99 (см. Приложение).

3. Контрольные вопросы

1. Как классифицируются СИ?
2. Приведите примеры метрологических характеристик СИ.
3. Какие погрешности бывают у СИ?
4. Что такое класс точности СИ?
5. Какие факторы влияют на выбор СИ?
6. Определите относительную погрешность в начале шкалы (30 деление) для прибора класса точности 0,5 имеющего 100 делений.
7. Образцовый термометр показывает температуру 111 °С, а рабочий 110 °С. Определите относительную и абсолютную погрешность поверяемого прибора.

Литература.

Основная литература.

1. Выбор показателей точности для типовых соединений в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П.

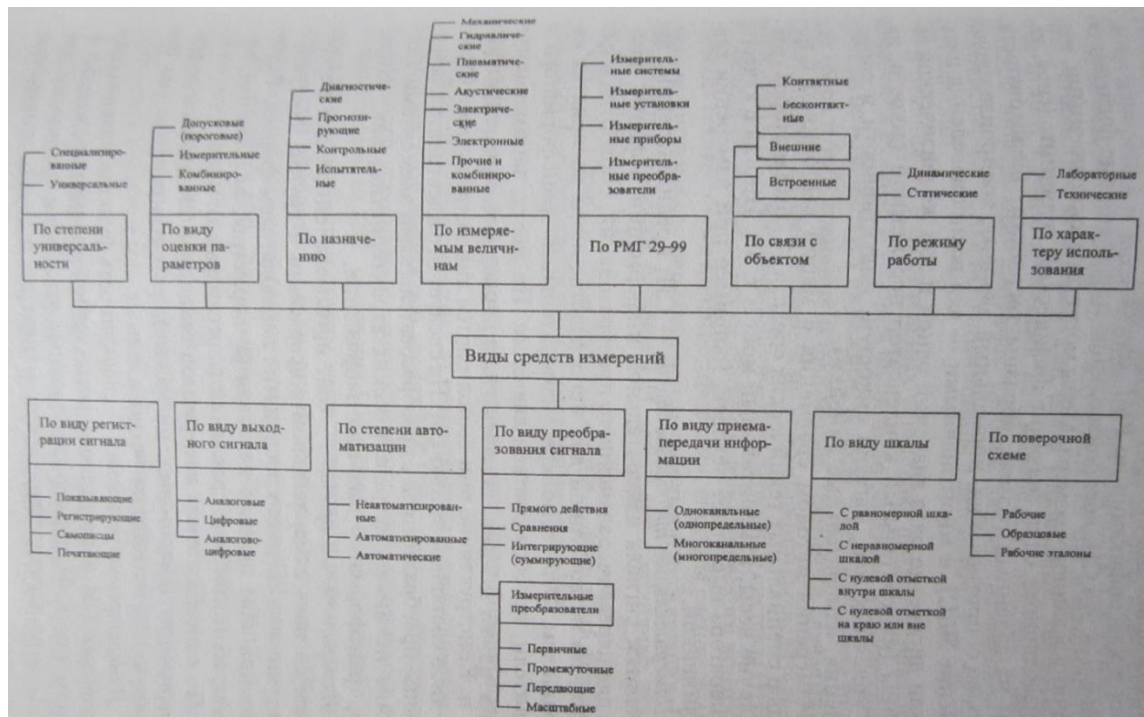
Меринов, Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе, Е. С. Кириллов. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 123 с. — 978-5-4487-0352-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79754.html>

2. Таренко Б.И. Метрология, взаимозаменяемость, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: тексты лекций/ Б.И.Таренко, Р.А.Усманов.- Электронные текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011.- 222 с. – 978-5-7882-1048— Режим доступа: <http://www/iprbookshop.ru/63727/html>

Дополнительная литература.

1. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Логос, 2005. -560 с.

Таблица - Классификация средств измерений по РМГ 29-99



Классификация средств измерений

Методические указания к выполнению практической работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»
для направления: 15.03.05 - Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительного
производства

Составитель: Чумакова Елена Валентиновна

Председатель методического совета: Б.А.Сентяков

Подписано в печать ____ . ____ .2019.

Объем 1,6 усл.п.л.

Печать оперативная

Тираж 25 экз.

Воткинский филиал Ижевского государственного технического
университета имени М.Т.Калашникова. 427430, г.Воткинск,
ул.Шувалова,1, www.vfistu.ru

E-mail: vfistu@mail.ru, тел.8-(34145) 5-15-00