ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Предмет метрологии, физические свойства величины, размерность, шкалы измерений, классификация средств измерений, виды измерений.

Воскобойникова Ольга Борисовна
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР

05.02.2024

РЕЙТИНГ ПЛАН

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Обязательно:

1. сдать 4 лабораторные работы;
2. набрать 55 баллов для зачета;
3. Контрольная работа №2 ≤ 7;

Бонус!
Ведение всех лекций поощряется дополнительно.

№	Наименование	Количество	Баллы
1	Лекции	8	14
2	Практические работы	3	15
3	Лабораторный работы	4	20
4	Контрольная работа 1	1 КТ	20
5 !	Контрольная работа 2 **Больше 7 баллов обязательно**	1 КТ	20 ≤ 7
6	ИДЗ	1 КТ	8
7	Эссе	2 КТ	3
		Итого	100
Дополнительные баллы		**По желанию**	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

1. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Юрайт-Издат. 2005. — 345.
2. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация / А.Г. Сергеев, В.В. Тетегеря. – М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2010. – 820 с.
3. РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения».
4. РМГ 83-2007. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. «ГСИ. Шкалы измерений. Термины и определения».
5. ФЗ "О техническом регулировании" (от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ);
6. ФЗ "О стандартизации" (от 29.06.2015 № 162-ФЗ);
7. ФЗ "Об обеспечении единства измерений" 26 июня 2008 года N 102-ФЗ;

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ

Любой объект (предмет, процесс, явление) можно охарактеризовать его свойствами или качествами, которые проявляются в большей или меньшей степени и, следовательно, подвергаются количественной оценке.

«Всякое качество имеет бесконечно много количественных градаций»
Ф. Энгельса

Как же производится количественная оценка этих свойств или качеств объекта?

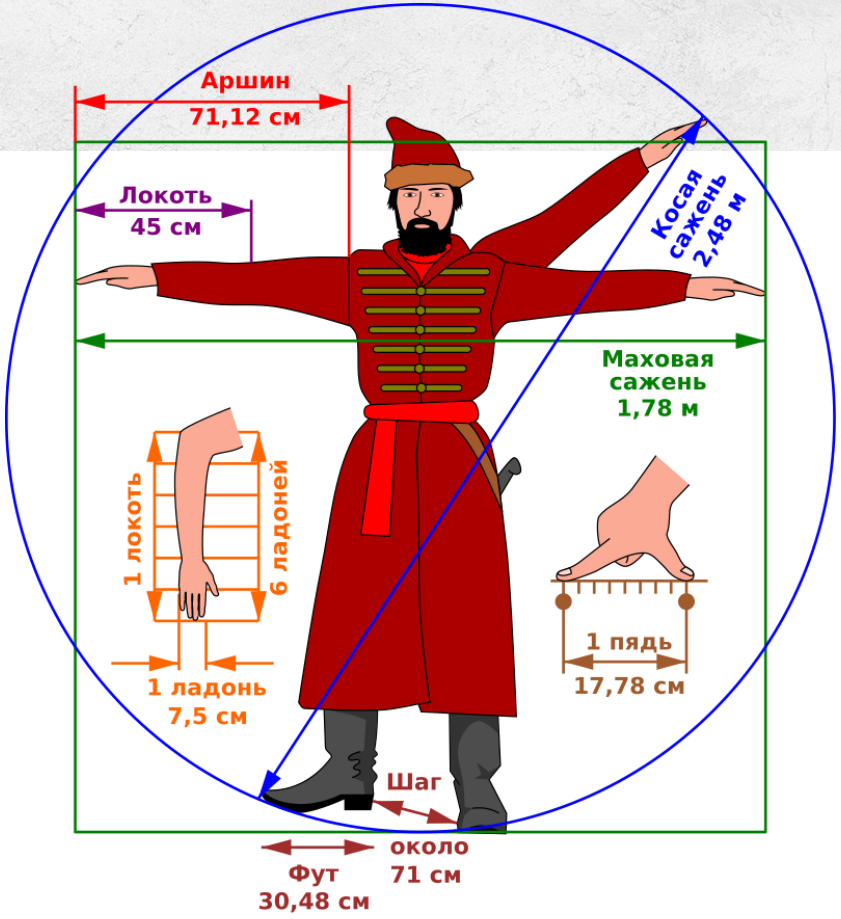
Путем измерений.

В России в древности единицами измерения длины были пядь, локоть. Локоть как единица измерения применялся во многих государствах (Вавилон, Египет). Естественно, размер локтя был различным.

Одной из основных мер длины в России долгое время была **сажень** (упоминается в летописях начала X в.).

Размер ее не был постоянным: были известны простая сажень, косая, казенная сажень и др.

По указу Петра I русские меры длины были согласованы с английскими (~ 1725 г.).



ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

В 1835 г. Николай I в «Указе правительствующему Сенату» утвердил сажень в качестве основной меры длины в России, а за основную единицу массы был принят образцовый фунт – кубический дюйм воды при температуре 13,3 градуса по Реомюру в безвоздушном пространстве (фунт равнялся 409,51241 г).
Также в России использовался аршин (0,7112 м) и верста (в разные времена ее размер был различным, 500 саженей – 1,0668 км).

Для поддержания единства установленных мер существовали эталонные (образцовые) меры, которые находились в **храмах и церквях**.

В 1841 г. в соответствии с указом «**О системе Российских мер и весов**», узаконившим ряд мер длины, объема и веса, при Петербургском монетном дворе было организовано **Депо образцовых мер и весов** – первое государственное поверочное учреждение.

Основными задачами Депо являлись хранение эталонов, составление таблиц русских и иностранных мер, изготовление образцовых мер и рассылка последних в регионы страны. Поверка мер и весов была вменена в обязанность городских дум, управ и казенных палат.

В 1892 г. ученым хранителем Депо образцовых мер и весов был назначен великий русский ученый Д.И. Менделеев. По его предложению Депо было преобразовано в 1893 г. в Главную палату мер и весов, быстро ставшую выдающимся научно–методическим центром.

Для сравнения можно сказать, что в Германии метрологический центр был основан в 1887, в Англии – в 1900, в США – в 1901 г.

«НАУКА НАЧИНАЕТСЯ … С ТЕХ ПОР, КАК НАЧИНАЮТ ИЗМЕРЯТЬ» – В ЭТОМ НАУЧНОМ КРЕДО Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА ВЫРАЖЕН, ПО СУЩЕСТВУ, ВАЖНЕЙШИЙ ПРИНЦИП РАЗВИТИЯ НАУКИ, КОТОРЫЙ НЕ УТРАТИЛ АКТУАЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.

Д.И. Менделеев внес большой практический и научный вклад в развитие науки об измерениях.

В 1860 г. он разработал прибор для определения плотности жидкости, названный пикнометром Менделеева.

В 1865 г. создал оригинальный метод взвешивания при постоянной нагрузке, исключающий температурную погрешность и применяемый и поныне.

В 1875 г. уточнил формулу Эйлера для расчета прецизионных лабораторных весов с максимальной чувствительностью.

В 1873–1874 гг. предложил, независимо от Кельвина новую шкалу температур с «одной экспериментально реализуемой точкой».

В 1889 г. было утверждено «Положение о мерах и весах», в котором узаконились русские эталоны аршина и фунта и были введены точные соотношения их с метрическими мерами. В этом Положении допускалось факультативно применение в России прогрессивной метрологической системы мер, внедрению которой Менделеев отдал много сил.

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ СКАЗАЛ ТОГДА:

«ОБЛЕГЧИМ ЖЕ И НА НАШЕМ СКРОМНОМ ПОПРИЩЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ВСЕОБЩЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЧЕРЕЗ ТО СОДЕЙСТВУЕМ ОБЩЕЙ ПОЛЬЗЕ И БУДУЩЕМУ ЖЕЛАННОМУ СБЛИЖЕНИЮ НАРОДОВ. НЕ СКОРО, ПОНЕМНОГУ, НО ОНО ПРИДЕТ. ПОЙДЕМ ЕМУ НАВСТРЕЧУ».

Работы Менделеева заложили прочный **фундамент** как для факультативного, так и для последующего обязательного внедрения **метрической системы мер** в нашей стране. Официально Россия перешла на метрическую систему в **сентябре 1918 г.**

В 1849 г. была издана первая научно–учебная книга Ф.И. Петрушевского «Общая метрология» (в двух частях), по которой учились первые поколения русских метрологов.

Важным этапом в развитии русской метрологии явилось подписание Россией метрической конвенции **20 мая 1875 г**. В этом же году была создана Международная организация мер и весов (МОМВ), которая расположилась в г. Севре (близ Парижа, Франция). Ученые России активно принимали участие в работе этой организации.

!!! ПОЛЕЗНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И РОБОТОТЕХНИКИ

1. Менделеев и метрология (6 мин.)

https://www.youtube.com/watch?v=MFHfylTyESA

2. Что изучает метрология и где находится музей метрологии. Каково отношение к данной науке имеет Менделеев. Что такое метр и аршин? Чему равен ярд? (12 мин.)

https://www.youtube.com/watch?v=x-5MGvgPX5o

МЕТРОЛОГИЯ, СОГЛАСНО РЕКОМЕНДАЦИЯМ РМГ 29-2013, - ЭТО НАУКА ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ, МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ЕДИНСТВА, И СПОСОБАХ ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ.

Метрология подразделяется на три раздела:

Теоретическая метрология. Раздел метрологии, предметом которой является разработка фундаментальных основ метрологии.

Законодательная метрология. Рассматривается материал, связанный с установлением обязательных технических и юридических требований по применению единиц физической величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества.

Практическая (прикладная) метрология. Раздел посвящен вопросам практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

Особенности метрологии

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Метрология

- Теоретическая
  - Методы, средства и способы измерений
    - Теория единства измерений
      - 1. Единицы СИ
      - 2. Эталоны
      - 3. Теория передачи единиц физическим величинам
    - Теория точности измерений
      - Определение погрешности измерений
- Прикладная
  - Использование результатов теоретических исследований
- Законодательная
  - Государственный контроль и надзор за использованием средств измерений

ПРЕДМЕТ МЕТРОЛОГИЯ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

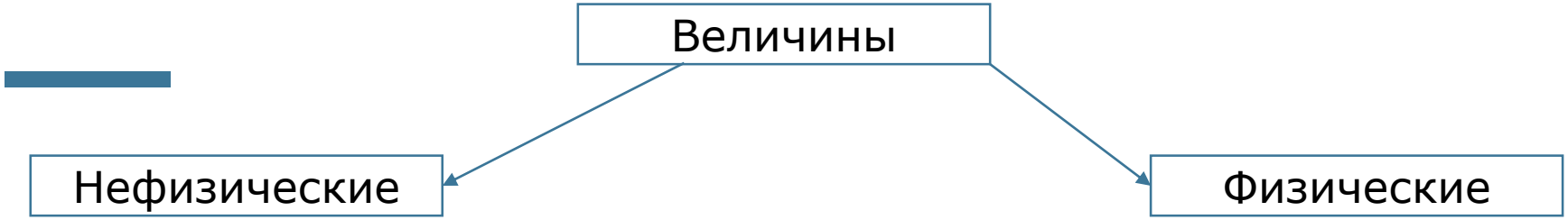
Предметом метрологии является извлечение количественной информации о *свойствах* объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

Свойства – это категория, выражающая такую сторону объекта, которая обуславливает его общность или различие с другими объектами.

Для количественного описания различают свойств объектов вводится понятие величины.

СОГЛАСНО РЕКОМЕНДАЦИЯМ РМГ 29 – 2013 ***ВЕЛИЧИНА*** – ЭТО СВОЙСТВО МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЪЕКТА ИЛИ ЯВЛЕНИЯ, ОБЩЕЕ В КАЧЕСТВЕННОМ ОТНОШЕНИИ – ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ НИХ.

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ



Нефизические величины используются в нефизических науках — экономике, философии, социологии и т. п.

Физические величины свойственны материальным объектам, изучаемых в естественных и технических науках.

Физические **величины** разумно разделить на измеряемые и оцениваемые.

Измеряемые физические **величины** могут быть выражены количественно в виде определенного числа установленных единиц измерения.

ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Часть 1

Объектами измерений могут быть любые параметры физических объектов и процессов, описывающие их свойства.

- Измерения **геометрических** величин: длин; диаметров; углов; отклонений формы и расположения поверхностей; шероховатости поверхностей; зазоров.
- Измерения **механических** и **кинематических** величин: массы; силы; напряжений и деформаций; твердости; крутящих моментов; скорости движения и вращения; кинематических параметров зубчатых колёс и передач.
- Измерения **параметров жидкости** и газа: расхода, уровня, объема; статического и динамического давления потока; параметров пограничного слоя.
- **Физико-химические** измерения: вязкости; плотности; содержания (концентрации) компонентов в твердых, жидких и газообразных веществах; влажности; электрохимические измерения.
- **Теплофизические** и **термодинамические** измерения: температуры; давления, тепловых величин; параметров цикла; к.п.д.
- Измерения **времени** и **частоты**: *измерение* времени и интервалов времени; измерение частоты периодических процессов.

ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Часть 2

- Измерения **электрических** и **магнитных** величин: напряжения, силы тока, сопротивления, емкости, индуктивности; параметров магнитных полей; магнитных характеристик материалов.
- **Радиоэлектронные** измерения: интенсивности сигналов; параметров формы и спектра сигналов; свойств веществ и материалов радиотехническими методами.
- Измерения **акустических величин**: акустические - в воздушной, газовой и водной средах; акустические - в твердых средах; аудиометрия и измерения уровня шума.
- **Оптические** и **оптико-физические** измерения: измерения оптических свойств материалов; энергетических параметров некогерентного оптического излучения; спектральных, частотных характеристик, поляризации лазерного излучения; параметров оптических элементов, оптических характеристик материалов; характеристик фотоматериалов.
- Измерения **ионизирующих излучений** и **ядерных констант**: дозиметрических характеристик ионизирующих излучений; спектральных характеристик ионизирующих излучений; активности радионуклидов; радиометрических характеристик ионизирующих излучений.

Что такое размер и размерность измеряемой величины?

РАЗМЕР И РАЗМЕРНОСТЬ ИЗМЕРЯЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Целью измерения является получение информации о *размере физической величины*.

Под ***физической величиной*** подразумевается свойство, общее в качественном отношении многим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Леонард Эйлер определил это так: "величиной называется все, что способно увеличиваться или уменьшаться, или то, к чему можно нечто прибавить или от чего можно отнять".

Размер есть количественная характеристика измеряемой физической величины.

На практике появляется необходимость проводить измерения величин характеризующих свойства явлений и процессов. Некоторые свойства проявляются качественно, другие количественно. Отображение свойств в виде множества элементов или чисел или условных знаков представляет собой шкалу измерений этих свойств.

Размерность физической величины — единица измерения, фигурирующая в значении физической величины. Как правило, у физической величины много различных размерностей: например, у длины — метр, миля, дюйм, парсек, световой год и т. д

Основные единицы СИ?

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

1. **Метр** равен длине пути, проходимого светом в вакууме за 1/299.792.458 долю секунды.
2. **Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма.
3. **Секунда** равна 9.192.631.770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.
4. **Ампер** равен силе не изменяющегося во времени электрического тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную 2•10 в минус 7-ой степени Н.
5. **Кельвин** равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды.
6. **Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.
7. **Кандела** равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540•10 в 12-ой степени Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Название	Обозначение
Длина	l	Метр	М
Масса	m	Килограмм	кг
Время	t	Секунда	с
Сила электрического тока	I	Ампер	А
Термодинамическая температура	T	Кельвин	К
Сила света	Iv	Кандела	кд
Количество вещества	n	моль	Моль

КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

ГОСТ 8.417

Размерность – обозначается символом dim

$$\dim Q = L^{a} * M^{\beta} * T^{\gamma}$$

Размерность основных величин:

-длина dim l = L;

- масса dim m=M;

- время dim t = T

Размерность производных величин: $\dim Q = L^{a} * M^{\beta} * T^{\gamma}$,

где dim Q – размерность какой – либо физической величины

Q,L,M,T… - размерности основных физических величин,

α,β,γ… – показатели размерности.

Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулем.

ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Истинное значение физической величины – это значение, идеально отражающее в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта.

Из- за несовершенства средств и методов измерения истинные значения величин практически получить нельзя. Их можно представить только теоретически. А значения величины, полученные при измерении, лишь в большей или меньшей степени приближаются к истинному значению.

Действительное значение физической величины – это значение величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Измеренное значение. Единица физической величины (ЕФВ) – физическая величина фиксированного размера, которое условно присвоено значение, равное единице, и применяемое для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Согласно пункту 8. Правила написания обозначения единиц ГОСТ 8.417-2002

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ ЕДИНИЦ ВЕЛИЧИН

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

1

8.1 При написании значений величин применяют обозначения единиц буквами или специальными знаками (...°, ...′, ...″), причем устанавливают два вида буквенных обозначений: международное (с использованием букв латинского или греческого алфавита) и русское (с использованием букв русского алфавита). Устанавливаемые стандартом обозначения единиц приведены в таблицах 1—8.

8.2 Буквенные обозначения единиц печатают прямым шрифтом. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят.

8.3 Обозначения единиц помещают за числовыми значениями величин и в строку с ними (без переноса на следующую строку). Числовое значение, представляющее собой дробь с косой чертой, стоящее перед обозначением единицы, заключают в скобки.

Между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел.

Правильно:	Неправильно:
100 kW; 100 кВт	100kW; 100кВт
80 %	80%
20 °C	20°C
(1/60) s^{-1}.	1/60/s^{-1}.

Исключения составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой, перед которыми пробел не оставляют.

Правильно:	Неправильно:
20°.	20 °.

8.4 При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы помещают за всеми цифрами.

Правильно:	Неправильно:
423,06 m; 423,06 м	423 m 0,6; 423 м, 06
5,758° или 5°45,48′	5°758 или 5°45′,48
или 5°45′28,8″.	или 5°45′28″,8.

2

8.5 При указании значений величин с предельными отклонениями числовые значения с предельными отклонениями заключают в скобки и обозначения единиц помещают за скобками или проставляют обозначение единицы за числовым значением величины и за ее предельным отклонением.

Правильно:	Неправильно:
(100,0 ± 0,1) kg; (100,0 ± 0,1) кг	100,0 ± 0,1 kg; 100,0 ± 0,1 кг
50 g ± 1 g; 50 г ± 1 г.	50 ± 1 g; 50 ± 1 г.

8.6 Допускается применять обозначения единиц в заголовках граф и в наименованиях строк (боковиках) таблиц.

Пример 1

Номинальный расход, m^3/h	Верхний предел показаний, m^3	Цена деления крайнего правого ролика, m^3, не более
40 и 60	100 000	0,002
100, 160, 250, 400, 600 и 1 000	1 000 000	0,02
2 500, 4 000, 6 000 и 10 000	10 000 000	0,2

Пример 2

Наименование показателя	Значение при тяговой мощности, kW		
	18	25	37
Габаритные размеры, mm:			
длина	3 080	3 500	4 090
ширина	1 430	1 685	2 395
высота	2 190	2 745	2 770
Колея, mm	1 090	1 340	1 823
Просвет, mm	275	640	345

Часть 1

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ ЕДИНИЦ ВЕЛИЧИН

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

3

8.7 Допускается применять обозначения единиц в пояснениях обозначений величин к формулам. Помещать обозначения единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимости между величинами или между их числовыми значениями, представленными в буквенной форме, не допускается

Правильно:	Неправильно:
$v = 3{,}6\ s/t$,	$v = 3{,}6\ s/t$ km/h,
где v — скорость, km/h;	где s — путь, m;
s — путь, m;	t — время, s.
t — время, s.	

8.8 Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделяют точками на средней линии, как знаками умножения. Не допускается использовать для этой цели символ «x».

Правильно:	Неправильно:
N·m; Н·м	Nm; Нм
A·m^2; А·м^2	Am^2; Ам^2
Pa s; Па·с.	Pas; Пас.

В машинописных текстах допускается точку не поднимать.

Допускается буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделять пробелами, если это не вызывает недоразумения.

8.9 В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления используют только одну косую или горизонтальную черту. Допускается применять обозначения единиц в виде произведения обозначений единиц, возведенных в степени (положительные и отрицательные).

Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, s^{-1}, m^{-1}, K^{-1}, с$^{-1}$, м$^{-1}$, К$^{-1}$), применять косую или горизонтальную черту не допускается.

Правильно:	Неправильно:
W·m^{-2}·K^{-1}; Вт·м$^{-2}$·К$^{-1}$	W/m^2/K; Вт/м^2/К
$\frac{W}{m^2 \cdot K}$; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$\frac{W}{\frac{m^2}{K}}$; $\frac{Вт}{\frac{м^2}{К}}$

4

8.10 При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки.

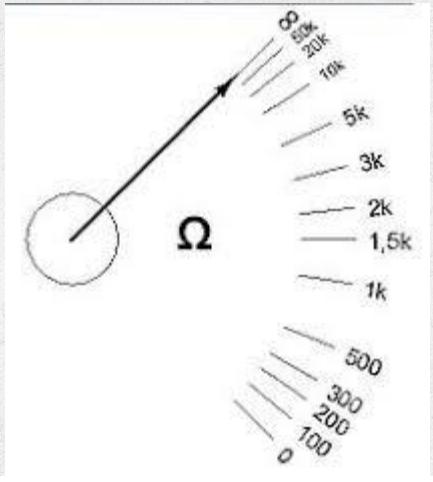
Правильно:	Неправильно:
m/s; м/с	^{m}/s; ^{м}/с
W/(m·K); Вт/(м·К).	W/m·K; Вт/м·К.

8.11 При указании производной единицы, состоящей из двух и более единиц, не допускается комбинировать буквенные обозначения и наименования единиц, т. е. для одних единиц указывать обозначения, а для других — наименования.

Правильно:	Неправильно:
80 км/ч	80 км/час
80 километров в час.	80 км в час.

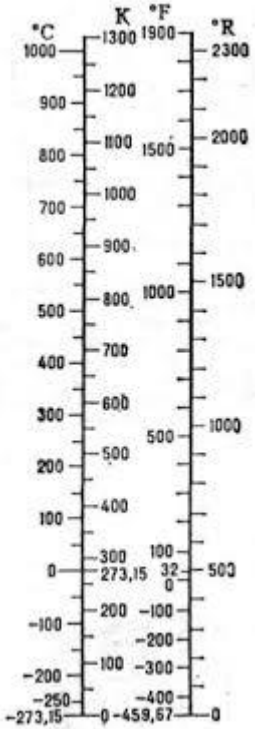
8.12 Допускается применять сочетания специальных знаков: ...°, ...', ...". % и ‰ с буквенными обозначениями единиц, например ...°/s.

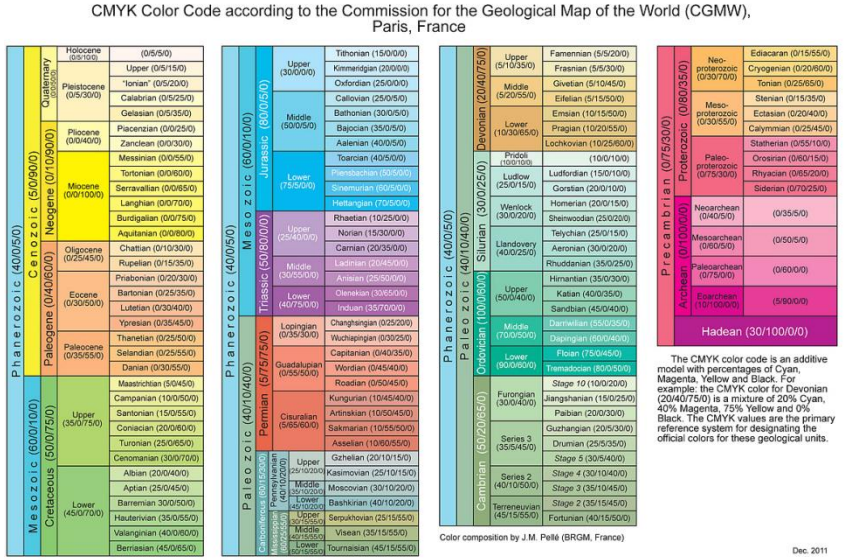
ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ



ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

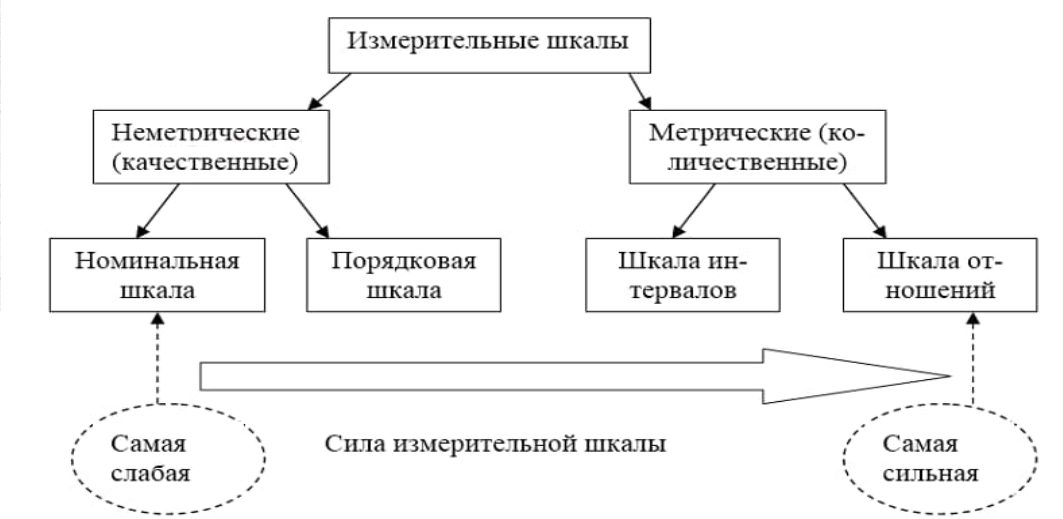
Шкалы





КЛАССИФИКАЦИЯ ШКАЛ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ



Шкала (измерений) – это отображение множества различных проявлений количественного или качественного свойства на принятое по согласованию упорядоченное множество чисел или других систем логически связанных обозначений.

Шкала физической величины – упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая исходной основной для измерений данной величины.

Виды шкал измерений

Суть измерения состоит в том, что текущему состоянию объекта ставится в соответствие некоторое число, порядковый номер или символ.

Что такое шкала

Совокупность таких чисел, номеров или символов и называется шкалой измерений.

ШКАЛА НАИМЕНОВАНИЙ (ШКАЛА КЛАССИФИКАЦИИ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Самые простые измерительные шкалы – номинальные. Они относятся к качественным и отражают те или иные свойства объекта, выраженные словесно, играющих роль имен. Их элементы могут только совпадать или не совпадать друг с другом. Их нельзя сопоставлять по принципу «больше-меньше». Недопустимы также и арифметические действия.

Поскольку данные шкалы характеризуются только отношениями эквивалентности, то в них отсутствует понятия нуля, "больше" или "меньше" и единицы измерения. Примером шкал наименований являются широко распространенные атласы цветов, предназначенные для идентификации цвета.

Характерным примером может служить группа крови. Первая группа не больше третьей и не может быть сложена с четвертой. У человека может быть только одна группа крови, и измерение.

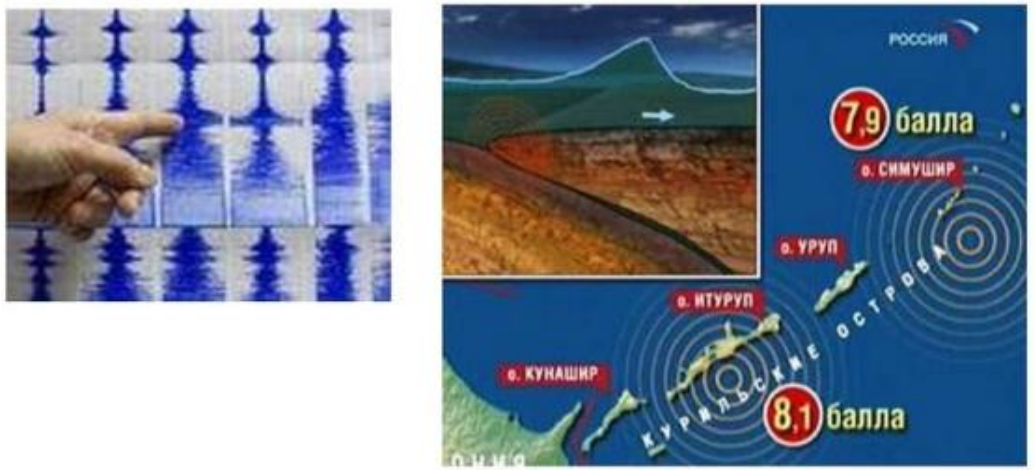
ШКАЛА ПОРЯДКА (ШКАЛА РАНГОВ)

По ней можно ранжировать и сравнивать объекты, по какому — либо признаку, например, расположить людей в строю по росту.

В случаях, когда уровень познания явления не позволяет точно установить отношения, существующие между величинами данной характеристики, либо применение шкалы удобно и достаточно для практики, используют условные (эмпирические) шкалы порядка.

Условная шкала — это шкала ФВ, исходные значения которой выражены в условных единицах. Например, шкала вязкости Энглера, 12-бальная шкала Бофорта для силы морского ветра.

Шкала порядка



В данной шкале невозможно ввести единицу измерения, можно говорить лишь о том, что больше или меньше, хуже или лучше, но невозможно дать количественную оценку во сколько раз больше или меньше.

ШКАЛА ИНТЕРВАЛОВ (ШКАЛА РАЗНОСТЕЙ)

Она состоит из заранее определенных и равных между собой интервалов. И является намного более информативной. Свойство объекта соотносится с одним из таких интервалов.

Характерным примером такой шкалы измерений может служить принятое у людей исчисление времени. Период оборота Земли вокруг Солнца делится на 365 дней, дни делятся на часы, далее на минуты и секунды. Мы можем соотнести событие с одним из таких интервалов: «эта статья была написана в 2018 году» или «Дождь начнется в 14 часов».

Значения в этом случае можно сравнивать друг с другом не только качественно, но и количественно, становятся доступны операции сложения и вычитания.

«Заход солнца произойдет на 12 часов позже восхода». «Фильм А длиннее фильма В на 25 минут»

Температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта и Реомюра также являются шкалами интервалов

Однако поскольку начало отсчета не установлено, невозможно определить, во сколько раз одно значение больше другого.

ШКАЛА ОТНОШЕНИЙ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Точкой начала отсчета является точка, в которой значение параметра равно нулю.

Появляется возможность отсчитывать от нее абсолютное значение параметра, определять разницы значений и во сколько раз одно больше другого.

Характерный пример — температурная шкала Кельвина. За начало отчета взята точка «абсолютного нуля», при которой прекращается тепловое движение материи. Второй опорной точкой выбрана температура таяния льда при нормальном давлении. Разница между этими точками по Цельсию составляет 273 °С, и один градус Кельвина равен одному градусу Цельсия. Таким образом, можно сказать, что лед тает при 273 К.

Шкала отношений – наиболее информативная. На ней возможны все арифметические операции:

- ✓ сложение;
- ✓ вычитание;
- ✓ умножение ;
- ✓ деление.

Деление, умножение сложение и вычитание значений параметра будет иметь физический смысл. Мы можем вычислить не только насколько одно значение больше другого, но и во сколько раз.

АБСОЛЮТНЫЕ ШКАЛЫ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

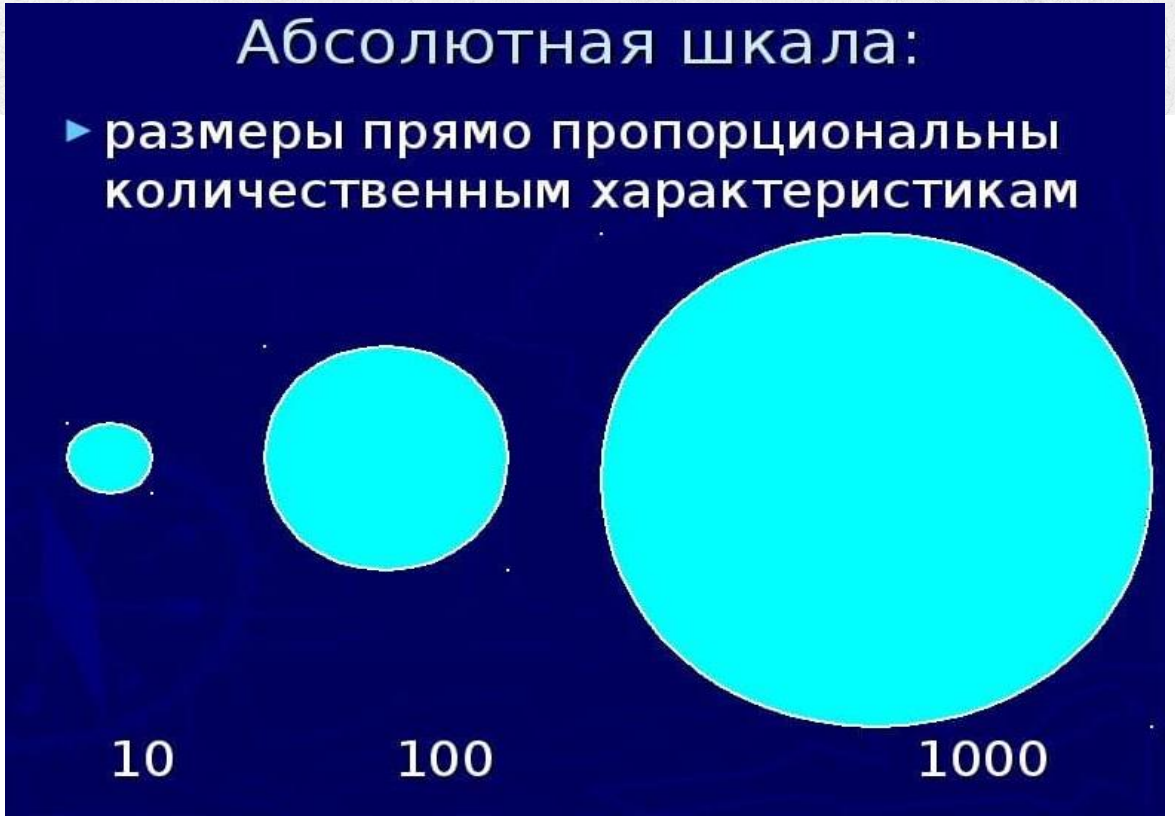
Абсолютная шкала занимает высшую ступень в шкальной иерархии. Единицы их естественные и не основаны на соглашениях и допущениях. Кроме того, эти единицы не имеют размерности, не служат производными системы СИ или какой-либо другой.

Они всегда безразмерны:

- ✓ разы;
- ✓ проценты;
- ✓ доли;
- ✓ полные углы.

Абсолютные подразделяют на ОГРАНИЧЕННЫЕ. Диапазон от 0 до 1. Сюда относятся КПД, оптические коэффициенты поглощения т.д.

НЕОГРАНИЧЕННЫЕ – предел упругости, коэффициент усиления в радиотехнике и т.д. Все они нелинейные и не имеют единиц измерений.



ПО ТИПУ ВЫДЕЛЯЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ВИДЫ ШКАЛ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

№	Наименование шкал	Характеристика
1	Номинальная (Наименований)	Характеризуется только отношением эквивалентности (например, масло «крестьянское», масло «любительское»)
2	Порядка (ранговая)	Эквивалентности и порядка (например, шкала твердости тел)
3	Интервальная	Эквивалентности, порядка, разностей (суммирования) интервалов (например, шкала интервалов времени)
4	Отношений	Эквивалентности, порядка, разностей, суммирования и умножения (сравнение результатов с секундой, метром, килограммам и другими единицами ФВ)
5	Абсолютная	Эквивалентности, порядка, разностей, суммирования и умножения и определения единицы измерения (коэффициент усиления, ослабления, КПД и т.д.)

СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Измерение – это совокупность операций по **применению технического средства**, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или не явном виде) измеряемой величины с ее единицей получение значения этой величины.

Средство измерений — техническое устройство, предназначенное для измерений и имеющее нормативные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» средство измерений определено как техническое средство, предназначенное для измерений. Формальное **решение об отнесении технического средства** к средствам измерений принимает **Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ)**.

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

По степени автоматизации

- автоматические
- автоматизированные
- ручные

По стандартизации средств измерений

- стандартизированные
- нестандартизированные

По положению в поверочной схеме

- эталоны
- рабочие средства измерений

Часть 1

По измерительным физико-химическим параметрам

- для измерения температуры
- давления
- расхода и количества
- для измерения уровня и др
- концентрации раствора

По значимости измеряемой физической величины

- основные средства измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей
- вспомогательные средства измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности

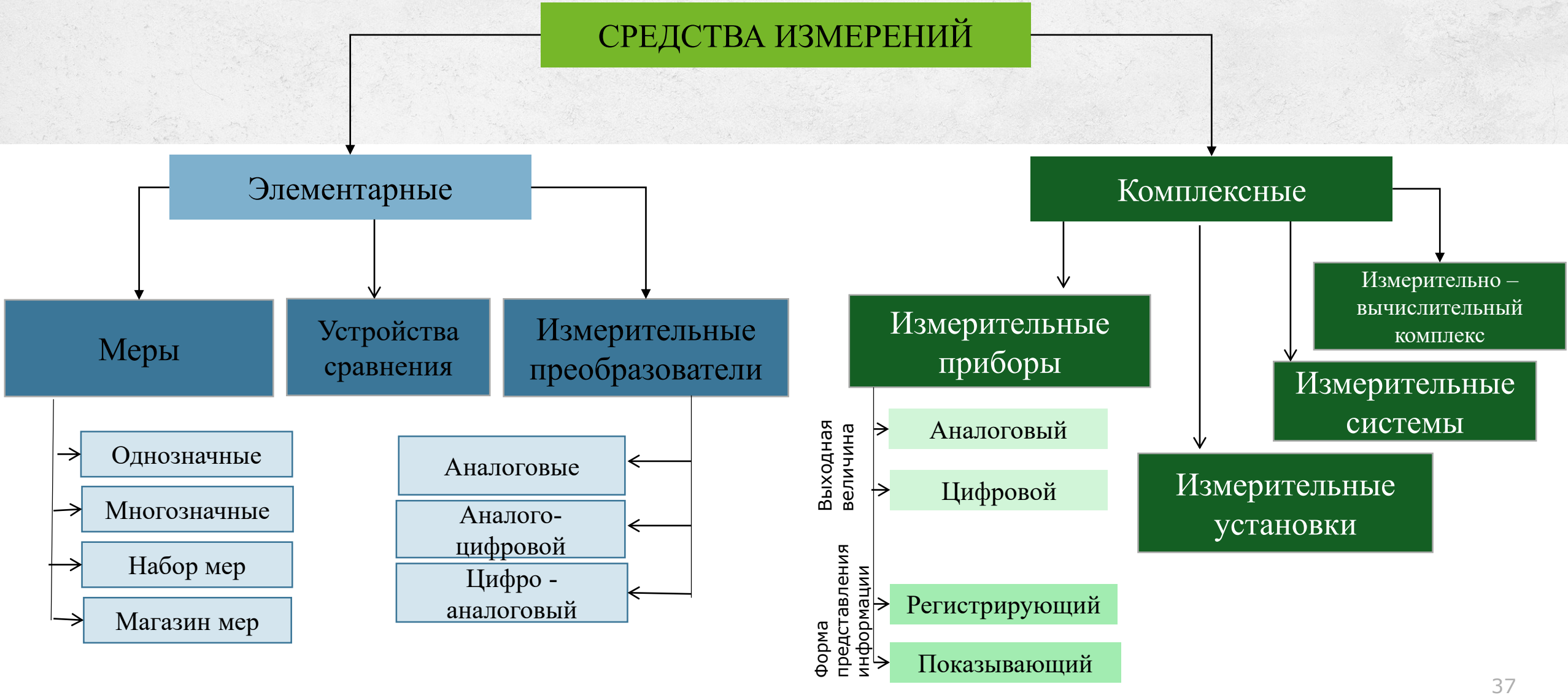
По роду измеряемых величин

- Приборы, измеряющие давление
- Приборы, измеряющие температуру
- Приборы для измерения расхода, количества, состава, уровня, состояния вещества
- Приборы для измерения характеристик электрического тока (амперметр, вольтметр, мультиметр)

Часть 2

ТЕХНИЧЕСКОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

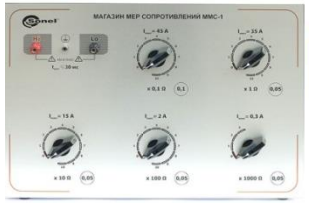
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ



ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Мера физической величины — средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью;



Различают следующий разновидность мер:

- **Однократная мера** – мера, воспроизводящая физическую величину одного размера (например, гиря 1 кг, конденсатор постоянной емкости);
- **Многократная мера** – мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины, конденсатор переменной емкости);
- **Набор мер** – комплекс мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения на практике как в отдельности, так и в различных сочетаниях (например, набор концевых мер длины);
- **Магазин мер** – набор мер, конструктивно объединённых в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в размерных комбинациях (например, магазин электрических сопротивлений).

Однозначные меры имеют номинальное и действительное значение воспроизводимой величины.

Номинальное значение меры: Значение величины, приписанное мере или партии мер при изготовлении.

Пример – Резисторы с номинальным значением 1 Ом, гиря с номинальным значением 1 кг. Нередко номинальное значение указывают на мере.

Действительное значение меры: Значение величины, приписанное мере на основании ее калибровки или поверки.

Пример – В состав государственного эталона единицы массы входит платиноиридиевая гиря с номинальным значением массы 1 кг, тогда как действительное значение ее массы составляет 1,000000087 кг, полученное в результате сличений с международным эталоном килограмма, хранящимся в Международном Бюро Мер и Весов (МБМВ) (в данном случае это калибровка).

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

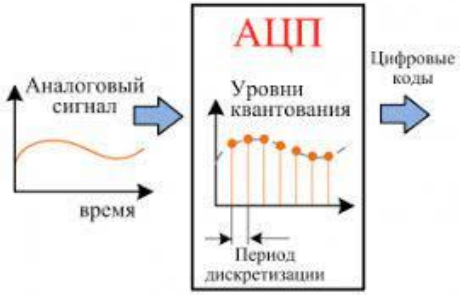
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Измерительный преобразователь - техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи;

По характеру преобразования различают

- **аналоговые**
- **цифро-аналоговые**

- **аналогово-цифровые**



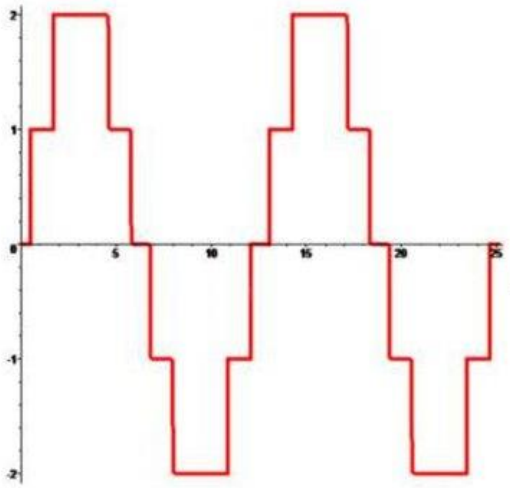
Многоканальные измерительные преобразователи Ш9327/1

Схема подключения цифровых измерительных преобразователей

Цифроаналоговый преобразователь предназначен для прямого преобразования входной цифровой величины в аналоговый эквивалент.

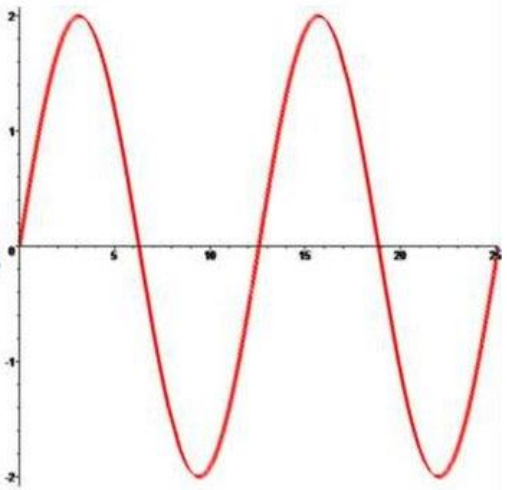
Задача Цифро-Аналогового Преобразователя (ЦАП):

преобразование цифрового (дискретного) сигнала в аналоговый

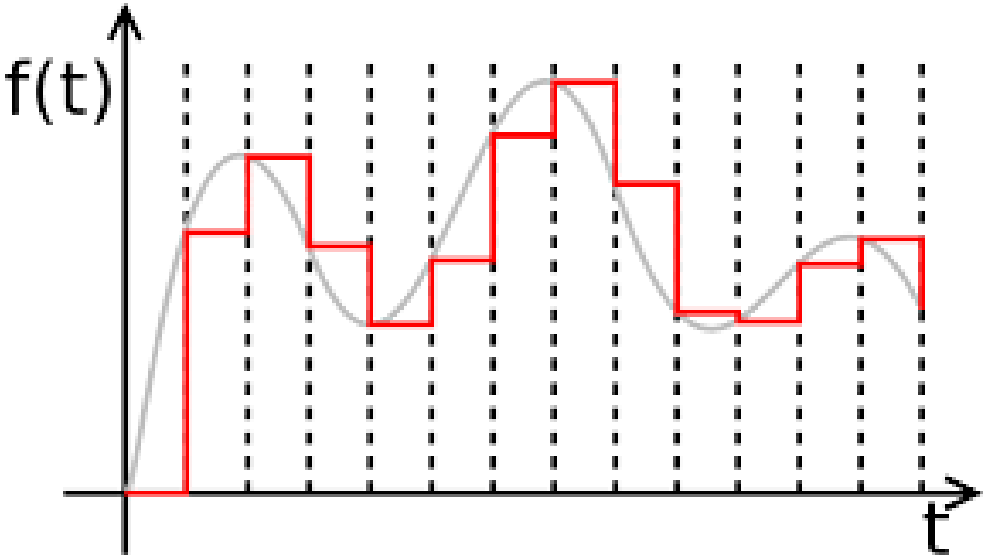


входные данные

ЦАП



выходные данные

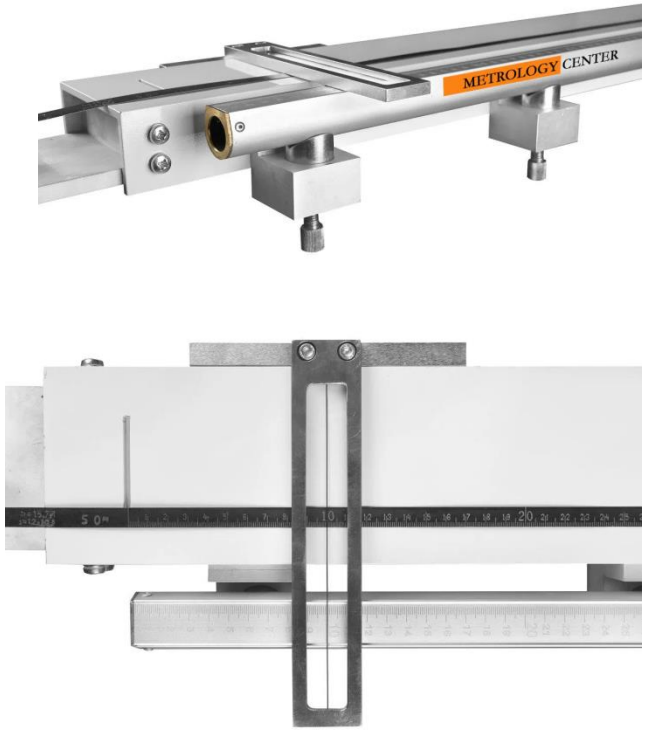


ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Компаратор – средство сравнения, предназначенное для сличения мер однородной величины (рычажные весы, компаратор для сличения нормальных элементов).

Рычажные весы



Компаратор СМР-10

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Измерительный прибор - средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне

По виду выходной величины

Аналоговые измерительные приборы – измерительный прибор, показания которого или выходной сигнал являются непрерывной функцией измерений измеряемой величины, например, стрелочный вольтметр, стрелочный термометр.

Цифровой измерительный прибор – измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Измерительный прибор - средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне

По форме представления информации

Показывающие измерительные приборы - измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины (микрометры, аналоговый и цифровой вольтметр)

Регистрирующий измерительный прибор – измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация значений измеряемой величины может осуществляться в аналоговой или цифровой форме, в виде диаграммы, путем печатания на бумаге или магнитной ленте (термограф или измерительный прибор, сопряженный с ЭВМ, дисплеем и устройством для печати показаний).

Электрокардиограф 6-ти канальный

Приборы регистрирующие измерительные электронные SIREC D

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Измерительная установка - совокупность функционально объединенных средств измерения (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте;

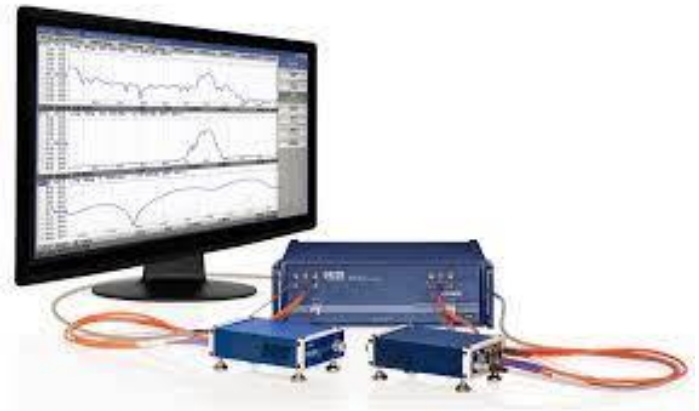
Установки поверочные средств измерений напряженности магнитного поля промышленной частоты П1-26

MI&T FTM - установка для испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и разрушение

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

Измерительная система - совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях;

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ



Измерительная система КобальтFX

TIVH08, Измерительная система 800 МГц

Контактный датчик, опция

Видео-измерительная система Quick Vision ELF

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

Измерительно – вычислительный комплекс - функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи

Автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс для автоматизации динамических сигналов (АИВК №1; АИВК №2 Динамика)

Автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс АИВК БКВП.411739.057

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

- **Эталон единицы физической величины (эталон)** – средство измерений предназначенное для воспроизведения и хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

- **Рабочий эталон** – эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

- **Рабочие средства измерений** – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

- Метрологическими характеристиками, согласно ГОСТ 8.009-84, *называются технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и на погрешности измерений, предназначенные для оценки технического уровня и качества средства измерений, для определения результатов измерений и расчетной оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерений.*
- Характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называются **нормируемыми**, а определяемые экспериментально — **действительными**.

Метрологические характеристики СИ

Характеристики влияющие на **результат измерения** (определяющий область применения СИ)

- Диапазон измерений измерительных приборов;
- Значение однозначной или многозначной мерой;
- Функция преобразования измерительного преобразователя;
- Цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- Вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода средств измерений, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде.

Характеристики, влияющие на **точность** (качество) измерения

Погрешность
Цена деления
Класс точности и т.д.

Нормальные условия эксплуатации

Как правило, нормальными условиями эксплуатации являются:

- температура (293 ± 5) К или (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) % при 20 °С;
- напряжение в сети 220 В ± 10 % с частотой 50 Гц ± 1 %;
- атмосферное давление от 97,4 до 104 кПа.

Диапазон измерений средства измерений (диапазон измерений): Область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений (для преобразователей – это диапазон преобразования).

Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно **нижним пределом измерений** или **верхним пределом измерений.** Для мер – пределы воспроизведения величин.

Диапазон показаний средства измерений (диапазон показаний): Область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

Диапазон измерений средства измерений (диапазон измерений): Область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений.

Цена деления шкалы (цена деления): Разность значения величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений.

Класс точности средств измерений (класс точности): Обобщенная характеристика данного типа средств измерения, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность измерений этого класса. Это важно при выборе средств измерений в зависимости от заданной точности измерении.

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Предмет метрологии, физические свойства величины, размерность, шкалы измерений.

Воскобойникова Ольга Борисовна
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР

05.02.2024