

Метрология, стандартизация и сертификация

Контрольная работа с решением

Задание №1

Провести обработку данных прямых многократных измерений.

Данные для обработки:

1. 5,54
2. 5,55
3. 5,50
4. 5,55
5. 5,57
6. 5,56
7. 5,55
8. 5,51
9. 5,52
10. 5,53

По результатам измерений определить доверительную вероятность и границы доверительного интервала.

Решение:

1) Систематические погрешности исключены в процессе измерения;

2) Вычислим среднее арифметическое результатов измерений:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$X = \frac{(5,54 + 5,55 + 5,50 + 5,55 + 5,57 + 5,56 + 5,55 + 5,51 + 5,52 + 5,53)}{10} = 5,538$$

Исходные данные и результаты вычислений занесем в таблицу.

Данные для определения доверительного интервала

Номер измерения	Результат измерения	Отклонение результата измерения от среднего арифметического	Квадрат отклонения результата измерения от среднего арифметического значения
n	x_i	$ x_i - X $	$ x_i - X ^2$

1.	5,54	0,002	0,000004
2.	5,55	0,012	0,000144
3.	5,50	0,038	0,001444
4.	5,55	0,012	0,000144
5.	5,57	0,032	0,001024
6.	5,56	0,022	0,000484
7.	5,55	0,012	0,000144
8.	5,51	0,028	0,000784
9.	5,52	0,018	0,000324
10.	5,53	0,008	0,000064

3) Вычислим среднеквадратичное значение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,002^2 + 0,012^2 + 0,038^2 + 0,012^2 + 0,032^2 + 0,022^2 + 0,012^2 + 0,028^2 + 0,018^2 + 0,008^2}{10-1}} = 0,0225$$

Проверим наличие грубых погрешностей: так как неравенство $3\sigma > (x_i - X)$ выполняется при $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$, грубых погрешностей нет;

4) Определим оценку среднеквадратичного отклонения:

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,0225}{\sqrt{10}} = 0,007$$

5) Вычислим доверительные границы ε случайной погрешности результат измерений при заданной доверительной вероятности.

$$Z = \frac{\Delta X}{\sigma} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\sigma} = \frac{5,57 - 5,50}{0,0225} = 3,1$$

При

$$P = 0,99$$

$$t_g = 3,17$$

Доверительные границы: $\varepsilon = t_g \cdot S_x = 3,17 \cdot 0,007 = 0,022$

Результаты измерения: $5,538 \pm 0,022$

Используя правило округления, получаем: $5,54 \pm 0,02$

Задание №2

Вопрос: Международная система единиц физических величин

Применяемая в настоящий момент Международная система единиц СИ (Système International d'Unités - SI) утверждена в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ). На территории нашей страны система единиц СИ действует с 1 января 1982 г. в соответствии с ГОСТ 8.417- 2000 ГСИ. Единицы величин. По этой системе предусмотрено семь основных единиц и две дополнительные (табл.1).

- **L – длина.** Единица измерения – метр - длина пути, которую проходит свет в вакууме за $1/299\,792\,458$ секунды;

- **M – масса.** Единица измерения – килограмм – масса, равная массе международного прототипа килограмма;

- **T – время.** Единица измерения – секунда – продолжительность 9192631770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущений со стороны внешних полей;

- **I – сила электрического тока.** Единица измерения – ампер – сила, неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, создает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия равную $2 \cdot 10^{-7}\text{ Н}$;

- **θ – термодинамическая температура.** Единица измерения – кельвин (градус Кельвина до 1967 г.) – $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды;

- **N – количество вещества.** Единица измерения – моль – количество вещества системы, содержащее столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде ~ 12 массой $0,012\text{ кг}$ (при применении понятия моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами и другими частицами);

- **J – сила света.** Единица измерения – **кандела** – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ W/sr (Вт/ср²).

Таблица 1

Основные и дополнительные единицы системы SI

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			русское	международное
<i>Основные</i>				
Длина	<i>L</i>	метр	<i>м</i>	<i>m</i>
Масса	<i>M</i>	кило-грамм	<i>кг</i>	<i>kg</i>
Время	<i>T</i>	секунда	<i>с</i>	<i>s</i>
Сила электрического тока	<i>I</i>	ампер	<i>A</i>	<i>F</i>
Термодинамическая температура	θ	кельвин	<i>K</i>	<i>R</i>
Количество вещества	<i>N</i>	моль	<i>моль</i>	<i>mol</i>
Сила света	<i>J</i>	кандела	<i>кд</i>	<i>cd</i>
<i>Дополнительные</i>				
Плоский угол	-	радиан	<i>рад</i>	<i>rad</i>
Телесный угол	-	стерадиан	<i>ср</i>	<i>sr</i>

Сложность приведенных формулировок отражает развитие современной науки, позволяющей представить основные единицы, с одной стороны, как достоверные и точные, а с другой, как объяснимые и понятные для всех стран мира. Именно это и делает рассматриваемую систему подлинно международной.

В системе СИ в 1960 г. введены две дополнительные единицы для измерения плоского и телесного углов – радиан и стерадиан, соответственно.

Плоский угол. Единица измерения – радиан – угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

Телесный угол. Единица измерения – стерадиан – телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Все остальные физические величины могут быть получены как производные основных. Например единица измерения силы – ньютон – это производная единица, образованная основными единицами – килограммом, метром и секундой. Используя

второй закон Ньютона: ($F = m \cdot a$), находим размерность единицы измерения силы:

$$|F| = \left| \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \right| = |H|.$$

Производные единицы системы СИ, имеющие специальные наименования, также могут быть использованы для образования других производных единиц. Например паскаль – эта производная единица образована производными единицами – ньютоном и метром квадратным.

Единицы, не входящие в принятую систему носят название *внесистемных* и делятся на четыре вида:

- допускаемые наравне с единицами СИ (тонна, минута, градус, секунда, литр и т.д.);
- допускаемые к применению в специальных областях (в астрономии – парсек, световой год; в оптике – диоптрия; в физике – электрон-вольт и т.д.);
- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ (миля, карат и т. д.), но подлежащие изъятию из обращения;
- изъятые из употребления (миллиметр ртутного столба, лошадиная сила и т.д.).

Применение первой группы внесистемных единиц допускается в силу их удобства и распространенности в конкретных жизненных ситуациях (прошедшие проверку временем), например: тонна, атомная единица массы, час, градус и др. Вторую и третью группы составляют специфичные, традиционные для конкретной области своего применения, единицы (табл. 2).

Таблица 2

Внесистемные единицы физических величин

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	10^3 кг
	атомная единица массы	а.е.м.	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг (приблизительно)
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Плоский угол	градус	\dots°	$(\pi/180)$ рад = $1,745329 \dots \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	\dots'	$(\pi/10800)$ рад = $2,908882 \dots \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	\dots''	$(\pi/648000)$ рад = $4,8848137 \dots \cdot 10^{-6}$ рад
	град	град	$(\pi/200)$ рад

Объем	литр	л	10^{-3} м^3
Длина	Астрономическая единица	а.е.	$1,45598 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ (приблизительно)
	световой год	св.год	$9,4605 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ (приблизительно)
	парсек	пк	$3,0857 \cdot 10^{-16} \text{ м}$ (приблизительно)
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м^{-1}
Площадь	гектар	га	10^4 м^2
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ (приблизительно)
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	–
Реактивная мощность	вар	вар	–

Для удобства применения единиц физических величин СИ приняты приставки для образования десятичных кратных и дольных (меньших) единиц, множители и приставки которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Кратность физической величины	Приставка	Кратность физической величины	Приставка
10^{15}	пета	10^{-2}	сантиметры
10^{12}	тера	10^{-3}	милли
10^9	гига	10^{-6}	микро
10^6	мега	10^{-9}	нано
10^3	кило	10^{-12}	пико
10^2	гекто	10^{-15}	фемто

Кратная единица – это единица физической величины, в целое число раз превышающая, а дольная – в целое число раз уменьшающая системную или внесистемную единицу.

Вопрос: Классы точности средств измерения

Учет всех нормируемых метрологических характеристик средств измерений при оценивании погрешности результата измерений – сложная и трудоемкая процедура, оправданная при измерениях повышенной точности. При измерениях на производстве такая точность не всегда нужна, но определенная информация о возможной инструментальной составляющей погрешности измерения необходима, хотя бы для того, чтобы выбрать средство измерений, способное измерить размер с заданной точностью. Такая информация дается указанием класса точности средства измерений.

Класс точности средства измерений (accuracy class) – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Другими словами класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность средства измерений одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений данного средства измерения. Класс точности средства измерения устанавливают в стандартах, технических требованиях или в других нормативных документах.

Классы точности присваиваются средствам измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний. При этом для каждого класса точности определяют конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности определяющим уровень точности средства измерения данного класса. Класс точности позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность измерений данного класса. Это необходимо знать при выборе точности будущих измерений.

Требования к назначению, применению и обозначению классов точности регламентированы в ГОСТ 8.401 – 80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Основные положения». Этот стандарт гармонизирован с международными рекомендациями. В соответствии с положениями стандарта средствам измерений с двумя и более диапазонами измерений одной и той же физической величины допускается присваивать два и более класса точности, а средствам измерений, предназначенным для измерений двух или более физических величин, допускается присваивать различные классы точности для каждой измеряемой величины.

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений, приводятся в нормативно-технической документации и осуществляются в зависимости от способов задания пределов допускаемой основной погрешности (рис. 15).

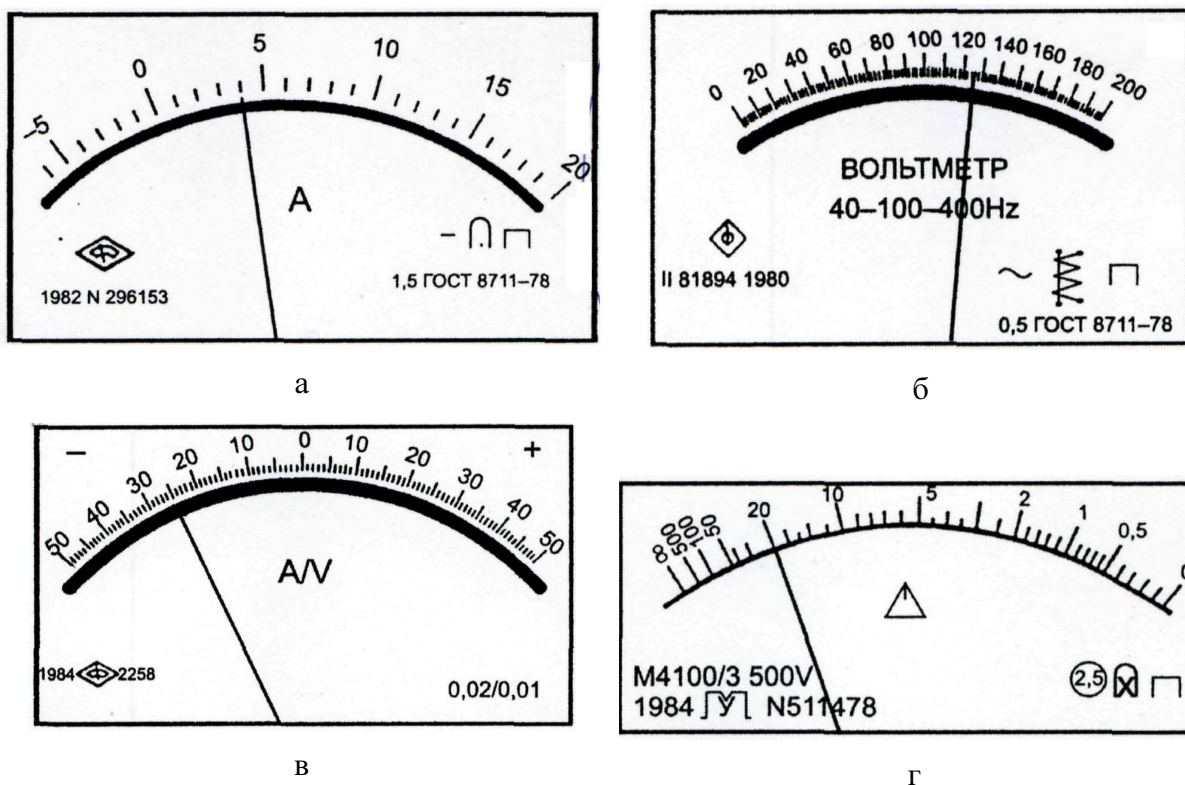


Рис.15. Лицевые панели приборов:

а – амперметра класса точности 1,5; б – вольтметра класса точности 0,5;
в – амперметра класса точности 0,02/0,01; г – мегомметра класса точности 2,5

Если пределы допускаемой погрешности выражены в форме абсолютной погрешности средства измерения, то класс точности обозначается прописными буквами латинского алфавита (например М, С и т.д.) или римскими цифрами. Классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, присваивают буквы, находящиеся ближе к началу алфавита, или цифры, означающие меньшие числа.

Для средств измерений, пределы допускаемой погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности, классы точности следует обозначать числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах. В этом случае обозначение класса точности непосредственно дает указание на предел допускаемой основной погрешности. Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительной погрешности по другой формуле, классы точности следует обозначать числами, разделяя их косой чертой (см. табл.б).