

Раздел 1 МЕТРОЛОГИЯ

Лекция 2 Метрология – наука об измерениях

1. Сущность и содержание метрологии.
2. Измерения физических величин.
3. Средства измерительной техники.
4. Нормирование метрологических характеристик.
5. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации.



2.1 Сущность и содержание метрологии

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и способах достижения необходимой точности.

Части метрологии:

- научно-теоретическая метрология;
- законодательная метрология;
- прикладная метрология.

Научно-теоретическая метрология:

- общая теория измерений;
- методы и средства измерений;
- методы определения точности измерений;
- эталоны и образцовые средства измерений;
- обеспечение единства измерений;
- критерии оценки и аттестация качества продукции.

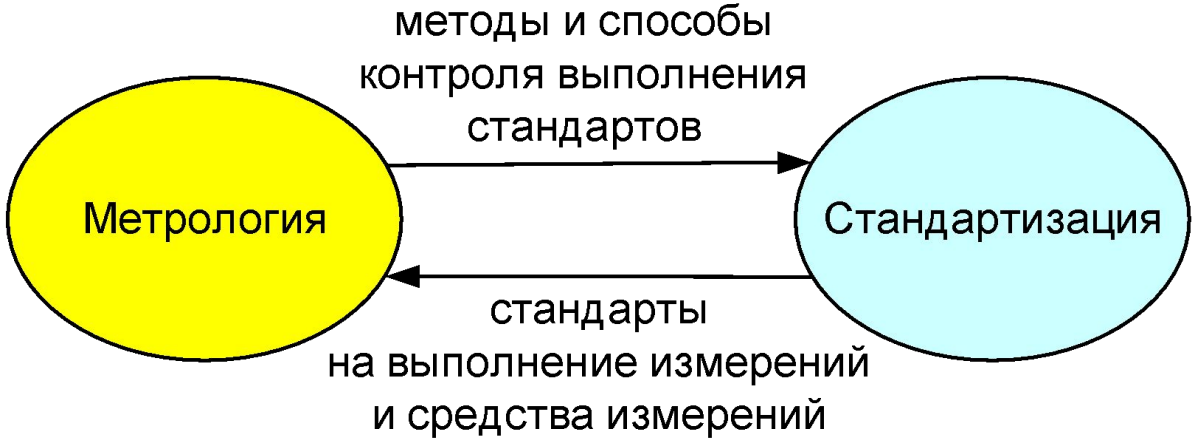
Законодательная метрология:

- стандартизация терминов, систем единиц, мер, эталонов и **СИТ**;
- стандартизация характеристик **СИТ** и методик оценки точности;
- стандартизация методик поверки и контроля **СИТ**, методик контроля и аттестации качества продукции.

Прикладная метрология:

- организация государственной службы единства мер и измерений;
- организация и проведение периодической поверки СИТ и государственных испытаний новых средств;
- организация государственной службы стандартных справочных данных и стандартных образцов, изготовление стандартных образцов;
- организация и осуществление службы контроля над выполнением стандартов и технических условий производства, государственных испытаний и аттестации качества продукции.

Взаимосвязь метрологии и стандартизации:



2.2 Измерения физических величин

Измерение ► отображение физической величины ее значением путем эксперимента и вычислений с помощью специальных технических средств (ДСТУ 2681-94).

Погрешность измерения ► отклонение результата измерения от условно истинного значения измеряемой величины (ДСТУ 2681-94).

Числовые оценки погрешности:

- **абсолютная погрешность**

$$\Delta = X_{изм} - X$$

- **относительная погрешность**

$$\delta = \frac{\Delta}{X} 100\% \approx \frac{\Delta}{X_{изм}} 100\%$$

- **приведенная погрешность**

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_n} 100\%$$

Неопределенность измерения ► оценка, характеризующая диапазон значений, в котором находится истинное значение измеряемой величины (ДСТУ 2681-94).

Результат измерения ► числовое значение, приписываемое измеряемой величине, с указанием точности измерения.

Численные показатели точности:

- **доверительный интервал** (доверительные границы) погрешности Δ_p ;
- **оценка СКО** погрешности S .

Правила выражения показателей точности:

- численные показатели точности выражаются в единицах измеряемой величины;
- численные показатели точности должны содержать не более двух значащих цифр;
- наименьшие разряды результата измерения и численных показателей точности должны быть одинаковыми.

Представление результата измерения

$$X = \tilde{X}, \Delta = \pm \Delta_p \text{ или } X = \tilde{X} \pm \Delta_p$$

Пример: $U = 105,0 \text{ В}, \Delta_{0,95} = \pm 1,5 \text{ В}$ или $U = 105,0 \pm 1,5 \text{ В}$.

2.3 Средства измерительной техники

Средства измерительной техники (СИТ) ► технические средства для выполнения измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики.

СИТ:

- средства измерений;
- измерительные устройства.

Средства измерений:

- **измерительные приборы** (электромеханические; сравнения; электронные; цифровые; виртуальные);
- **регистрирующие средства** (регистрируют сигналы измерительной информации);
- **кодовые средства** (**АЦП** – преобразуют аналоговую измерительную информацию в кодовый сигнал);
- **измерительные каналы** (совокупность **СИТ**, средств связи и др. для создания сигнала **ИИ** одной измеряемой величины);
- **измерительные системы** (совокупность измерительных каналов и измерительных устройств для создания **ИИ** нескольких измеряемых величин).

Измерительные устройства

- **эталоны, образцовые и рабочие меры** (для воспроизведения и хранения размера физических величин);
- **измерительные преобразователи** (для изменения размера измеряемой величины или преобразование измеряемой величины в другую величину);
- **компараторы** (для сравнения однородных величин);
- **вычислительные компоненты** (совокупность средств ВТ и программного обеспечения для выполнения вычислений в процессе измерения).

2.4 Нормирование метрологических характеристик

Метрологические характеристики ► влияющие на результаты и погрешности измерений и предназначенные для оценивания технического уровня и качества СИТ, определения результата и оценки инструментальной погрешности измерений.

Группы метрологических характеристик:

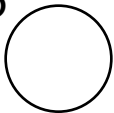
- 1) определяющие область применения СИТ:
 - диапазон измерений;
 - порог чувствительности.
- 2) определяющие точность измерений:
 - погрешность;
 - сходимость (близость результатов повторных измерений в одинаковых условиях);
 - воспроизводимость (повторяемость результатов измерений той же величины в разных местах, в разное время, разными методами, разными операторами, но в аналогичных условиях).

Класс точности – обобщенная метрологическая характеристика, определяемая границами допускаемых погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Обозначение классов точности:

$K = |\gamma_{\max}| \rightarrow$ а) 1,0 ; б) 1,0

$K = |\delta_{\max}| \rightarrow$ а) 1, 0 ; б) 1,0/0,5



2.5 Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП)

Назначение ГСП ► создание научно обоснованных рядов приборов и устройств с унифицированными характеристиками и конструктивным выполнением.

Основные группы средств ГСП:

- средства для получения измерительной информации;
- средства для приема, преобразования и передачи информации;
- средства для преобразования, обработки и хранения информации и формирования команд управления.

Системно-технические принципы ГСП:

- минимизация номенклатуры и количества;
- блочно-модульное построение;
- агрегатирование (построение сложных устройств и систем из унифицированных узлов, блоков и модулей или типовых конструкций методом сопряжения);
- совместимость (энергетическая, функциональная, метрологическая, конструктивная, эксплуатационная, информационная).



Лекция 3 Обработка результатов измерений

1. Измерения в системе оценки качества продукции.
2. Вычисление значения измеряемой величины.
3. Процедура оценивания погрешности.
4. Оценивание погрешности однократных измерений.
5. Оценивание погрешности испытаний.
6. Оценка ошибок контроля качества.

3.1 Измерения в системе оценки качества продукции

Оценка качества продукции ► в определении или контроле количественных и качественных характеристик продукции путем проведения измерений, анализа, испытаний.

Цель измерения характеристик ► нахождение значения соответствующей физической величины.

Цель измерительного контроля ► заключение о годности продукции и соответствии нормам.

Этапы проведения измерений:

- выбор и использование соответствующей **аттестованной методики проведения измерений** (ДСТУ 3921.1-99);
- выбор и подготовка поверенных **СИТ**;
- выполнение измерений (однократные; многократные; статистические);
- обработка и анализ результатов измерений;
- принятие решения о качестве продукции (сертификация продукции).

3.2 Вычисление значения измеряемой величины

Пусть **модель** объекта (измеряемой величины)

$$X = f(X_1, X_2, \dots, X_m) - \Delta_{\text{мет}};$$

при измерениях получены результаты наблюдений X_{ij} ,

$i = 1, \dots, m$ – количество прямо измеряемых входных величин;

$j = 1, \dots, n$ – число наблюдений каждой входной величины.

Результат измерения: $X = \tilde{X} \pm \Delta_p$

Порядок нахождения $\tilde{X}$

1) исключение известных систематических погрешностей путем введения поправок $\Delta_{c\ ij}$:

$$X'_{ij} = X_{ij} - \Delta_{c\ ij};$$

2) вычисление среднего арифметического каждой входной величины:

$$\tilde{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X'_{ij}}{n};$$

3) вычисление оценок **СКО** результатов наблюдений каждой величины:

$$S(X_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \tilde{X}_i)^2}{(n-1)}}$$

4) оценка **равноточности** измерений (исключение грубых погрешностей)
– по критерию Смирнова

(сравнивая значения $V_{ij} = \left| \frac{X_{ij} - \tilde{X}_i}{S(X_i)} \right|$ с коэффициентами Смирнова)

– по критерию Райта;

5) уточнение среднего арифметического каждой входной величины и вычисление значения измеряемой величины:

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{мет}.$$

3.3 Процедура оценивания погрешности

1) вычисление оценок **СКО**

– входных величин:

$$S(\tilde{X}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \tilde{X}_i)^2}{n(n-1)}}$$

– результата измерения:

$$S(X) = \sqrt{\sum_1^m \left[\frac{\partial f}{\partial X_i} S(\tilde{X}_i) \right]^2}$$

2) определение доверительных границ случайной составляющей погрешности:

$$\Delta_P = t_P(\nu) S(X),$$

$t_P(\nu)$ – квантиль распределения Стьюдента для заданной P_δ

при числе степеней свободы $\nu = n - 1$.

3) вычисление границ и **СКО** неисключенной систематической составляющей погрешности:

$$\Delta_{HC} = k \sqrt{\sum_1^m \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{Hci} \right)^2} \qquad S_{HC} = \frac{\Delta_{HC}}{\sqrt{3} k}$$

$k = 1,1$ при $P_{\partial} = 0,95$;

Δ_{Hci} определяется по имеющейся информации;

4) вычисление **СКО** суммарной погрешности: $S_{\Sigma} = \sqrt{S(X)^2 + S_{HC}^2}$;

5) оценка погрешности измерения

если $\Delta_{HC} / S(X) < 0,8$ $\blacktriangleright$ ~~Δ_P~~ Δ_P

если $\Delta_{HC} / S(X) > 8$ $\blacktriangleright$ ~~Δ_P~~ Δ_{HC} ;

если $0,8 \leq \Delta_{HC} / S(X) \leq 8$ $\blacktriangleright$ $\Delta_P = \frac{\Delta_P + \Delta_{HC}}{S(X) + S_{HC}} S_{\Sigma}$

3.4 Оценивание погрешности однократных измерений

прямые измерения ($i = 1, j = 1$)

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_P$$
$$= X_{\text{изм}} - \Delta_c; \Delta_P = \Delta_{\text{max}},$$

(Δ_{max} ► через класс точности прибора).

косвенные измерения ($i = 2, \dots, m, j = 1$)

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_P$$
$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{\text{мет.}}$$
$$\Delta_P = \sqrt{\sum_1^m \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{\text{max}i} \right)^2};$$

- если $X = \sum X_i \rightarrow \Delta_P = \sqrt{\sum_1^m \Delta_{\max i}^2}$
- если $X = \frac{X_1 \dots X_{\boxed{n}}}{X_{\boxed{n}+1} \dots X_m} \rightarrow \delta_X = \sqrt{\sum_1^m \delta_{\max i}^2} \rightarrow \Delta_P = \frac{\delta_X X}{100\%}$
- если $X = kY \rightarrow \Delta_X = k \Delta_{Y\max}$
- если $X = Y^n \rightarrow \delta_X = n \delta_{Y\max} \rightarrow \Delta_X = n Y^{n-1} \Delta_{Y\max}$

($\Delta_{\max}$ и $\delta_{\max}$ вычисляются через класс точности).

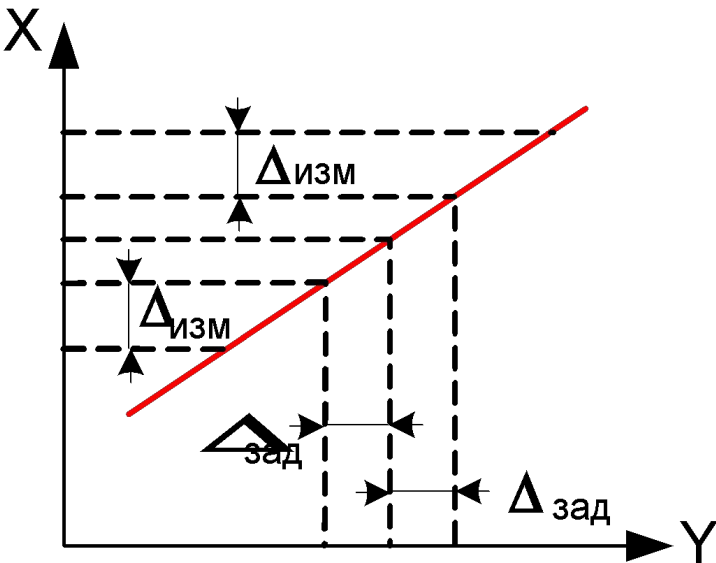
3.5 Оценивание погрешности испытаний

Пусть $X = f(Y)$.

$\Delta_{\text{зад}}$ – погрешность задания значения Y

Погрешность испытаний X

$$\Delta_{\text{исп}} = \Delta_{\text{изм}} + \Delta_y \frac{\partial X}{\partial Y}$$



При $X = f(X_1, X_2, \dots, X_m)$ наибольшая погрешность испытаний

$$\Delta_{\text{исп}} = \Delta_{\text{изм}} + \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial X}{\partial X_i} \Delta_i \right)^2}$$

3.6 Оценка ошибок контроля качества

Ошибки контроля качества:

- **ошибка контроля I вида:** годная продукция идентифицируется как негодная.
- **ошибка контроля II вида:** негодная продукция идентифицируется как годная.

Статистика:

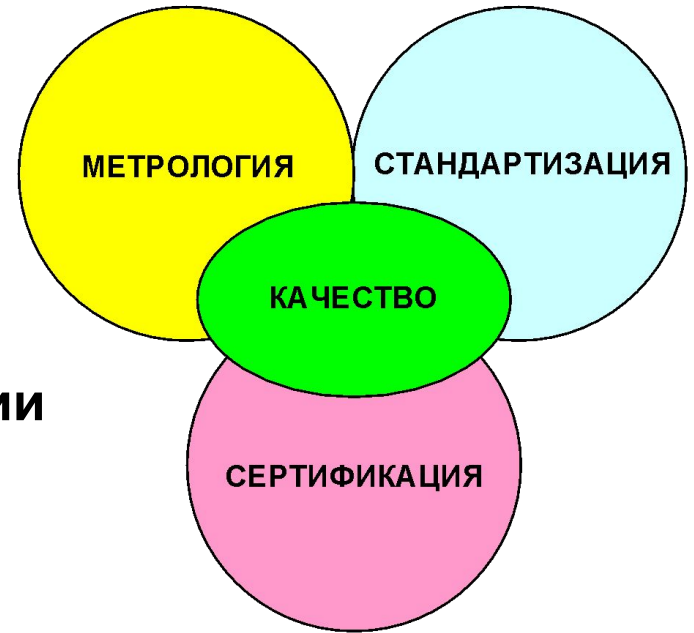
Пусть контролируется величина X .

B – число единиц продукции, неправильно принятых за годные (в % от общего числа измеренных);

Γ – число единиц продукции, неправильно забракованных.

$$A_s = \frac{S_{\Delta}}{\Delta_X} 100\%$$

A_s	B	Γ
1,6	0,37...0,39	0,7...0,75
3	0,87...0,9	1,2...1,3
5	1,6...1,7	2,0...2,25



Лекция 4 Качество электрической энергии

1. Качество электрической энергии и работа потребителей.
2. Показатели качества электроэнергии.
3. Определение показателей качества электроэнергии.

4.1 Качество электрической энергии и работа потребителей

Электромагнитная среда ► система электроснабжения и присоединенные к ней электрические аппараты и оборудование, связанные кондуктивно и создающие помехи, отрицательно влияющие на работу друг друга.

Электромагнитная совместимость технических средств ► возможность нормальной работы в существующей электромагнитной среде.

Допустимые уровни помех в электрической сети характеризуют **качество электроэнергии** и называются **показателями качества электроэнергии**.

Качество электроэнергии ► степень соответствия ее параметров установленным нормам.

Показатели качества электрической энергии, методы их оценки и нормы ► **ГОСТ 13109-97** : «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Свойства электрической энергии

Отклонение напряжения ► отличие фактического напряжения в установившемся режиме работы системы электроснабжения от его номинального значения при медленном изменении нагрузки.

Колебания напряжения ► быстроизменяющиеся отклонения напряжения длительностью от полупериода до нескольких секунд.

Несимметрия напряжений ► несимметрия трёхфазной системы напряжений

Несинусоидальность напряжения ► искажение синусоидальной формы кривой напряжения.

Отклонение частоты ► отклонение фактической частоты переменного напряжения от номинального значения в установившемся режиме работы системы электроснабжения.

Провал напряжения ► внезапное и значительное снижение напряжения ($< 90\%U_n$) длительностью от нескольких периодов до нескольких десятков секунд с последующим восстановлением напряжения.

Временное перенапряжение ► внезапное и значительное повышение напряжения ($> 110\%U_n$) длительностью более 10 миллисекунд.

Импульсное перенапряжение ► резкое повышение напряжения длительностью менее 10 миллисекунд.

Свойства электрической энергии и вероятные виновники ее ухудшения

Свойства электроэнергии	Наиболее вероятные виновники
Отклонение напряжения	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения	Потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия напряжений	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения	Энергоснабжающая организация
Импульс напряжения	Энергоснабжающая организация
Временное перенапряжение	Энергоснабжающая организация

Влияние свойств электроэнергии на работу потребителей

Свойства эл. энергии	Влияние на работу потребителей
Отклонение напряжения ↑ ↓	Технологические установки: срок службы ↓, вероятность аварии ↑ технологический процесс ↓ длительность и себестоимость ↑
	Электропривод: ↑ срок службы ↓, эффективность работы ↓ реактивная мощность ↑ (3...7% на 1%U) ↓ момент ↓ (25% при 0,85U _н), потребляемый ток ↑ срок службы ↓
	Освещение: ↑ срок службы ламп ↓ (в 4 раза при 1,1 U _н) ↓ световой поток ↓ (на 40% ламп накаливания и на 15% люминисцентных ламп при 0,9 U _н), ЛЛ мерцают или не зажигаются при < 0,9 U _н

Влияние свойств электроэнергии на работу потребителей

Свойства эл. энергии	Влияние на работу потребителей
Колебания напряжения	Технологические установки и электропривод: срок службы ↓, эффективность работы ↓ брак продукции ↑ вероятность повреждения оборудования ↑ вибрации электродвигателей, механизмов ↑ отключение автоматических систем управления отключение пускателей и реле
	Освещение: пульсация светового потока ↑, производительность труда ↓, здоровье работников ↓

Влияние свойств электроэнергии на работу потребителей

Свойства эл. энергии	Влияние на работу потребителей
Несимметрия напряжения	Электрооборудование: потери в сети ↑, тормозные моменты в электродвигателях, срок службы ↓(вдвое при 4% обратной последовательности), эффективность работы ↓ перекос фаз и последствия, как при отклонении напряжения
Несинусоидальность напряжения	Электрооборудование: однофазные короткие замыкания на землю кабельных линий передач ↑, пробой конденсаторов ↑, потери в линиях ↑, потери в электродвигателях и трансформаторах ↑, коэффициент мощности ↓
Отклонение частоты ↓ ↑	развал энергосистемы аварийная ситуация

4.2 Показатели качества электрической энергии

Свойства эл. энергии	Показатель качества
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения δU_y
Колебания напряжения	Размах изменения напряжения δU_t Доза фликера P_t
Несинусоидальность напряжения	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения K_{Un}
Несимметрия напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}

Свойства эл. энергии	Показатель качества
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf
Провал напряжения	Длительность провала напряжения ΔU_n Глубина провала напряжения δU_n
Импульс напряжения	Импульсное напряжение $U_{имп}$
Временное перенапряжение	Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$ Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{перU}$

4.3 Определение показателей качества электроэнергии

Установившееся отклонение напряжения δU_y :

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} 100\%$$

$$U_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2 / n}$$

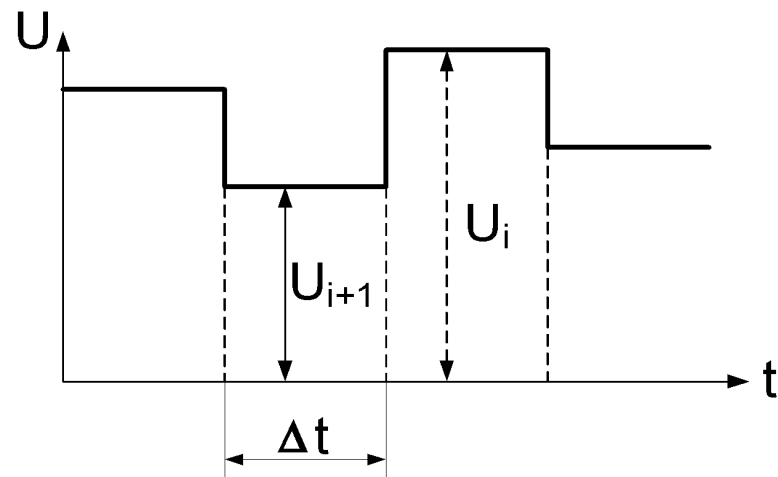
– среднеквадратическое значение напряжения

Значения U_i получают усреднением не менее 18 измерений на интервале времени 60 с.

Нормально допустимое $\delta U_y = \pm 5\%$, предельное $\pm 10\%$.

Размах изменения напряжения δU_t :

$$\delta U_t = \frac{U_i - U_{i+1}}{U_{ном}} 100\%$$



U_i и U_{i+1} – значения следующих друг за другом экстремумов U , среднеквадратическое значение которого имеет форму меандра.

Предельно допустимые нормы размаха изменения напряжения приведены в стандарте в виде графика
(из которого, например, $\delta U_t = \pm 1,6\%$ при $\Delta t = 3$ мин, $\delta U_t = \pm 0,4\%$ при $\Delta t = 3$ с).

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U :

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^m U_n^2}}{U_{ном}} 100\%$$

U_n – действующее значение n -гармоники ($m = 40$);

Нормально допустимое K_U ,%			Предельно допустимое K_U ,%		
при U_H , кВ			при U_H , кВ		
0,38	6 – 20	35	0,38	6 – 20	35
8,0	5	4,0	12	8,0	6,0

K_U находится усреднением результатов $n \geq 9$ измерений в течение 3 с.

Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения K_{Un}

$$K_{Un} = \frac{U_m}{U_{ном}} 100\%$$

Нормально допустимое K_{Un} :

Нечетные гармоники, не кратные 3 при U_H , кВ				Предельно допустимое K_U при U_H			
n	0,38	6 – 20	35	n	0,38	6 – 20	35
5	6,0%	4,0%	3,0%	3	2,5%	1,5%	1,5%
7	5,0%	3,0%	2,5%	9	0,75%	0,5%	0,5%
11	3,5%	2,0%	2,0%				

Предельно допустимое $K_{Un} = 1,5 K_{Un \text{ норм}}$

K_{Un} находится усреднением результатов $n \geq 9$ измерений в течение 3 с.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности
 K_{2U}

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} 100\%$$

U_1 и U_2 – напряжения прямой и обратной последовательностей.

Нормально допустимое $K_{2U} = 2,0\%$, предельно допустимое $K_{2U} = 4,0\%$

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности
 K_{0U}

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_0}{U_1} 100\%$$

U_0 – напряжение нулевой последовательности

Нормально допустимое $K_{0U} = 2,0\%$, предельно допустимое $K_{0U} = 4,0\%$ при $U = 380$ В

Длительность провала напряжения $\Delta U_{\text{п}}$

Предельно допустимое значение $\Delta U_{\text{п}} = 30 \text{ с}$ при $U \leq 20 \text{ кВ}$.

Глубина провала напряжения
$$\delta U_{\text{п}} = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{ном}}} 100\%$$

Коэффициент временного перенапряжения
$$K_{\text{пер}U} = \frac{U_{\text{т max}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}}$$

$U_{\text{т max}}$ – наибольшее амплитудное значение за время контроля.

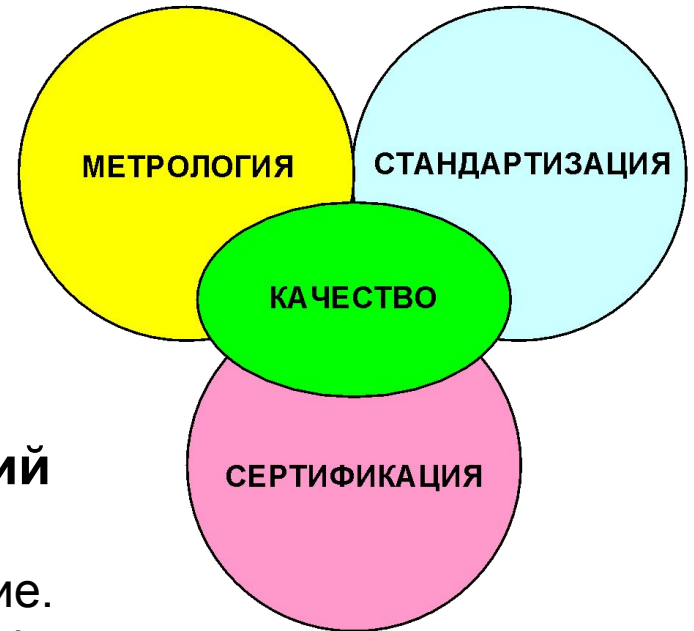
Отклонение частоты
$$\Delta f = f_{\text{ср}} - f_{\text{ном}}$$

$f_{\text{ср}}$ – усредненное значение из $n \geq 15$ измерений в течение 20 с.

Нормально допустимое $\Delta f = \pm 0,2 \text{ Гц}$, предельно допустимое $\pm 0,4 \text{ Гц}$.

Лекция 5 Обеспечение единства и необходимой точности измерений

1. Единство измерений и его обеспечение.
2. Воспроизведение и передача единиц физических величин.
3. Поверка СИТ.
4. Калибровка СИТ.



5.1 Единство измерений и его обеспечение

- Главная задача организации измерений** ► достижение сопоставимых результатов измерений одних и тех же объектов, выполненных в разное время, в разных местах, с помощью разных методов и средств.
- Единство измерений** ► измерения проводятся по стандартным или аттестованным методикам, результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью.

Причина	Следствие
Использование неверных методик измерений, неправильный выбор СИТ	Нарушение технологических процессов, потери энергетических ресурсов, аварийные ситуации, брак продукции и др.
Неправильное представление результатов измерений	Непризнание результатов измерений и сертификации продукции.

Обеспечение единства измерений:

- метрологическое обеспечение;
- правовое обеспечение.

Метрологическое обеспечение ► установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм для достижения единства и требуемой точности измерений (регламентируется ДСТУ 3921.1-99).

Составные части метрологического обеспечения:

- **научная основа** ► метрология;
- **техническая основа** ► система государственных эталонов, система передачи размеров единиц, образцов состава и рабочих СИТ, система стандартных свойств материалов;
- **организационная основа** ► метрологическая служба (сеть учреждений и организаций);
- **нормативная основа** ► законы Украины, ДСТУ и др. нормативные документы.

Правовое обеспечение ► закон Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність» и другие нормативно-правовые акты.

Форма обеспечения единства измерений ► **государственный метрологический контроль и надзор** (ГМК и Н)

Цель ГМК и Н ► проверка соблюдения требований закона и нормативно-правовых актов Украины и нормативных документов метрологии.

Объекты ГМК и Н ► СИТ и методики выполнения измерений.

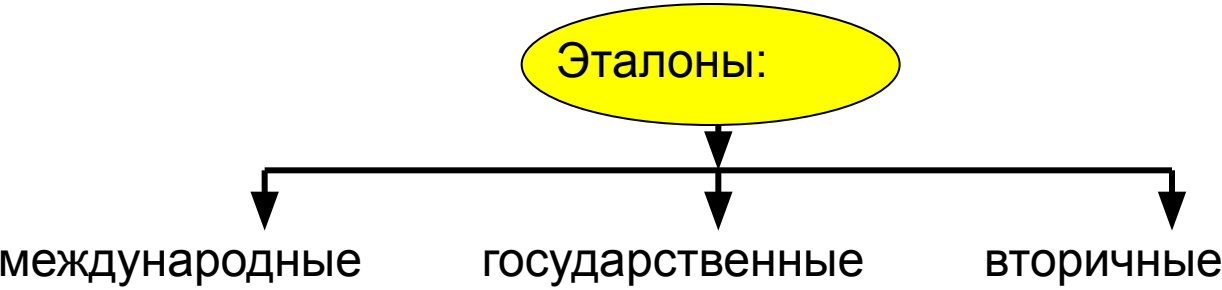
Виды ГМК и Н:

ГМК	● государственные испытания СИТ и утверждение их типов; ● государственная метрологическая аттестация СИТ; ● поверка СИТ; ● аккредитация на право проведения метрологических работ.
ГМН	● надзор за обеспечением единства измерений ► проверка: – состояния и применения СИТ, – применения аттестованных методик измерений, – правильности выполнения измерений, – соблюдения требований закона, метрологических норм и правил.

5.2 Воспроизведение и передача единиц физических величин

Воспроизведение единицы ► совокупность мероприятий по материализации единицы физической величины с наивысшей точностью.

Эталон ► средство измерительной техники, обеспечивающее воспроизведение, хранение и передачу размера единицы физической величины.



Государственный эталон ► официально утвержденный эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы измерений и передачу ее размера вторичным эталонам с наибольшей в стране точностью.

Вторичные эталоны:

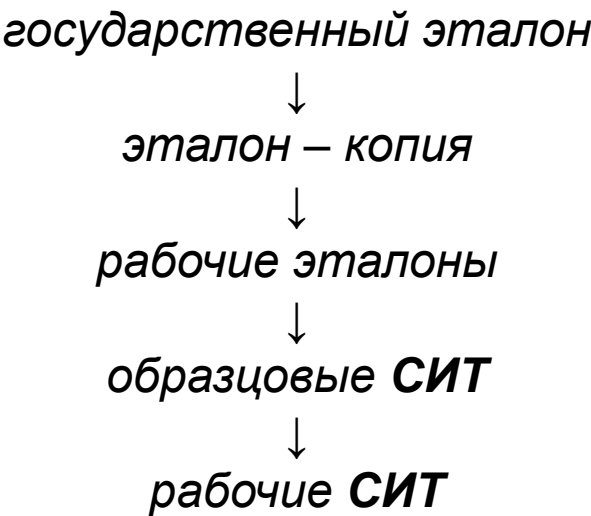
- эталон-копия;
- рабочий эталон.

Рабочий эталон ► для поверки или калибровки СИТ.

Передача размера единицы:

- методом непосредственного сличения;
- методом сличения с помощью компаратора.

Схема передачи размера единицы:



На каждом этапе передачи единицы ► потеря точности в 3 – 10 раз.

Единство и точность измерения определяются эталонной базой страны.

Национальная эталонная база Украины ► 37 государственных эталонов.

Государственные эталоны единиц электрических величин:

- эталон единицы силы электрического тока
($S \leq 4 \cdot 10^{-6}$, $\delta_c \leq 8 \cdot 10^{-6}$ для постоянного тока,
 $S \leq 10^{-4}$, $\delta_c \leq 2 \cdot 10^{-4}$ для переменного тока);
- эталон единицы напряжения
($S \leq 5 \cdot 10^{-9}$, $\delta_c \leq 10^{-8}$ для ЭДС и постоянного напряжения,
 $S \leq 5 \cdot 10^{-5}$, $\delta_c \leq 5 \cdot 10^{-4}$ для переменного напряжения);
- эталон единицы электрического сопротивления
($S \leq 5 \cdot 10^{-8}$, $\delta_c \leq 3 \cdot 10^{-7}$);
- эталон времени и частоты
($S \leq 5 \cdot 10^{-14}$, $\delta_c \leq 10^{-13}$);

5.3 Поверка СИТ

Поверка СИТ ► установление пригодности **СИТ** к использованию на основе результатов контроля их метрологических характеристик.

Цель поверки ► определение погрешностей и других метрологических характеристик **СИТ**, регламентированных ТУ.

Виды поверок:

- **первичная** (при выпуске, после ремонта, при импорте);
- **периодическая** (при эксплуатации)
- **внеочередная** (при повреждении поверочного клейма, утрате свидетельства о поверке, вводе в эксплуатацию после длительного хранения)
- **инспекционная** (при осуществлении государственного метрологического контроля)
- **экспертная** (при возникновении спорных вопросов относительно метрологических характеристик, пригодности и правильности использования **СИТ**)

Поверке подлежат **все СИТ**, которые находятся в эксплуатации и на которые распространяется государственный метрологический надзор.

Поверке подлежат также рабочие эталоны, образцовые **СИТ** и те средства, которые используются во время государственных испытаний и государственной аттестации **СИТ**.

Поверку производят:

- территориальные органы Госстандарта Украины, аккредитованные на право ее проведения;
- аккредитованные метрологические службы предприятий и организаций.

Результаты поверки оформляются **документально**.

5.3 Калибровка СИТ

Калибровка СИТ ► определение в соответствующих условиях или контроль метрологических характеристик **СИТ**, на которые не распространяется государственный метрологический надзор.

Раздел 1 Метрология

Лекция 5 Обеспечение единства и необходимой точности измерений

Виды калибровки:

- **метрологическая** (выполняется метрологической лабораторией);
- **техническая** (выполняется экспериментатором).

Функции метрологической калибровки:

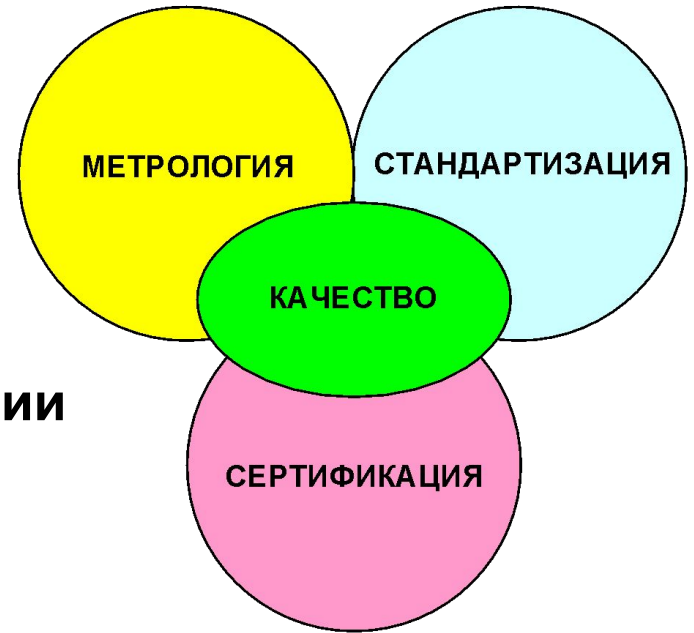
- определение действительных значений метрологических характеристик **СИТ**;
- определение и подтверждение пригодности **СИТ** к применению.

Функция технической калибровки:

- определение действительных значений отдельных характеристик **СИТ** непосредственно перед использованием его в измерениях.

Необходимость калибровки в эксплуатации **СИТ**, на которые не распространяется государственный метрологический надзор, **определяется их пользователем.**

Метрологическая калибровка проводится аккредитованными лабораториями. Техническая калибровка проводится пользователем **СИТ**.



Лекция 6 Основы экспертной квалиметрии

1. Оценивание качества продукции.
2. Экспертные методы определения показателей качества.
3. Способы получения экспертных оценок.
4. Обработка данных экспертных оценок.

6.1 Оценивание качества продукции

Квалиметрия ► оценивание качества продукции.

Качество продукции ► многомерное свойство продукции, обобщенная характеристика ее потребительских свойств;
► нефизическая величина, оценивается
показателями качества.

Оценка качества ► в сравнении показателей качества с показателями образцовой продукции.

Показатель качества:

- физическая величина (измеряется измерительными методами);
- нефизическая величина (оценивается экспертными методами).

Показатели качества: • **единичные**;
 • **комплексные** (формируются из единичных).

Комплексные показатели:

- одноуровневые;
- многоуровневые;
- обобщенные.

Формирование комплексных показателей:

- по известной функциональной зависимости;
- по зависимости, принятой по соглашению;
- по принципу средневзвешенного:

– средневзвешенное арифметическое:

$$\overline{Q} = \sum_{i=1}^n c_i Q_i$$

– средневзвешенное геометрическое:

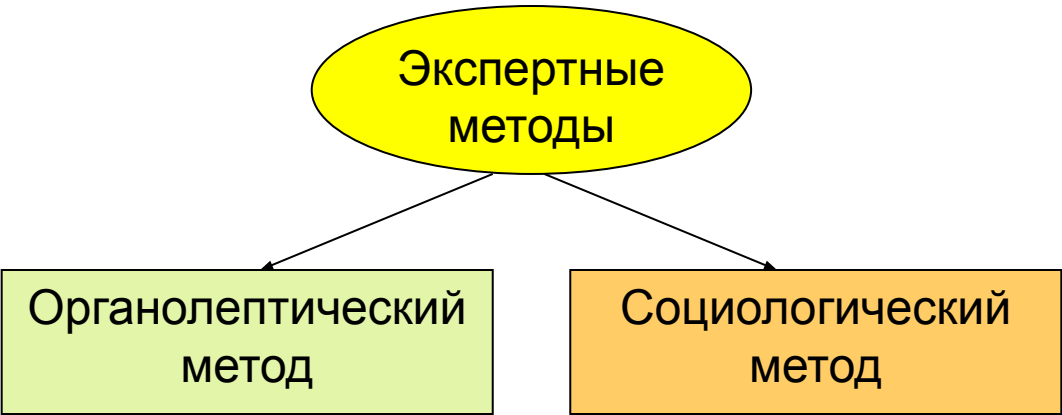
$$\overline{Q} = \frac{\prod_{i=1}^n Q_i^{c_i}}{\sum_{i=1}^n c_i}$$

C_i – весовые коэффициенты: обычно

$$\sum_{i=1}^n c_i = 1$$

6.2 Экспертные методы определения показателей качества

Экспертные методы ► когда проведение измерений невозможно или экономически неоправдано.



Органолептический метод ► определение свойств объекта с помощью органов чувств человека
(зрения, слуха, осязания, обоняния, вкуса).

Социологический метод ► определение свойств объекта на основе массовых опросов населения или его групп
индивидуум выступает в роли эксперта). (каждый

Экспертная оценка ► результат грубого оценивания.

Для повышения достоверности оценки ► групповой метод оценивания
(**экспертная комиссия**).

Формирование экспертной комиссии ► путем тестирования
(**проверка компетентности**).

Необходимые условия:

- **согласованность** оценок экспертов;
- **независимость** оценок экспертов.

Численность экспертной группы ► ≥ 7 и ≤ 20 человек.

Проверка согласованности оценок

при формировании экспертной группы:

- **по непротиворечивости оценок**
(критерию Смирнова);
- **по коэффициенту конкордации**.

1. Проверка непротиворечивости оценок экспертов по критерию Смирнова β

Среднее арифметическое значение оценки
 m – количество экспертов;

$$\tilde{Q} = \frac{\sum Q_i}{m}$$

СКО оценок

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - \tilde{Q})^2}{m - 1}}$$

Оценка считается непротиворечивой, если

$$\frac{|Q_i - \tilde{Q}|}{S} < \beta$$

2. Проверка согласованности оценок экспертов по коэффициенту конкордации

Коэффициент конкордации

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}$$

n – количество оцениваемых факторов (свойств продукции).

Оценки согласованы, если $(n - 1)TW > \chi^2$

χ^2 – критерий согласия (квантиль χ^2 -распределения)

6.3 Способы получения экспертных оценок

Задачи оценивания:

- **ранжирование** однородных объектов по степени выраженности заданного показателя качества;
- **количественная оценка** показателей качества в условных единицах или весовых коэффициентах.

Построение ранжированного ряда:

- а) попарное сопоставление всех объектов («больше» – «меньше», «лучше» – «хуже»);
- б) составление ранжированного ряда (по убыванию или возрастанию оценок сравнения).

Количественная экспертная оценка ► в долях единицы или баллах.
Основная характеристика бальной шкалы – количество градаций (оценочных точек).

Используются 5-, 10-, 25- и 100-бальные шкалы.

Пример построения бальной шкалы оценок.

- 1) устанавливается максимальная общая оценка продукции в баллах $Q_{\max}$;
- 2) каждому отдельному показателю качества присваивается весовой коэффициент c_i ;
- 3) по c_i , исходя из $Q_{\max}$, устанавливают максимальную бальную оценку каждого показателя ► $Q_{i \max} = c_i Q_{\max}$;
- 4) устанавливаются скидки от идеальной оценки показателя при снижении качества k_i ;
- 5) определяется бальная оценка каждого показателя ► $Q_i = k_i c_i Q_{\max}$;
- 6) определяется общая оценка продукции в баллах ►

$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_i$;
- 7) исходя из возможных бальных оценок, определяют число степеней качества (категорий, сортов).

6.4 Обработка данных экспертных оценок

1. Проверка однородности массива оценок по суммарной оценке рангов:

$$R_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m R_{ij} \right)^2$$

$j = 1, 2, 3 \dots n$ – номер ранга;

$i = 1, 2, 3 \dots m$ – номер эксперта;

R_{ij} – ранги, присвоенные каждым экспертом.

Массив считается однородным, если $R_{\Sigma} \geq R_{кр}$
(критическая оценка $R_{кр}$ ► по таблице для $P_{\alpha} = 0,95$).

Если условие не выполняется ► повторное оценивание или
формирование новой группы экспертов.

2. Построение ранжированного ряда

$$R_j = \sum_{i=1}^m R_{i1}; \dots\dots\dots \sum_{i=1}^m R_{in}$$

Таблица оценок $R_{кр}$ для доверительной вероятности $P_{\delta} = 0,95$

Число экспертов	Количество рангов						
	3	4	5	6	7	8	9
2	6,6	1,2	2,2	3,6	5,0	7,1	9,7
3	12,6	2,6	4,7	7,6	11,1	15,8	21,6
4	21,7	4,5	8,1	13,3	19,7	28,1	38,4
5	33,1	6,9	12,4	20,8	30,8	43,8	60,0
6	47,0	9,8	17,6	30,0	44,4	63,1	86,5
7	63,0	13,1	23,8	40,7	60,5	85,0	115,0
8	81,7	17,0	29,8	48,3	73,2	105,0	145,0
9	102,6	21,4	37,5	60,9	92,8	135,0	185,0
10	126,1	26,3	46,2	75,0	113,8	160,0	225,0
М (множитель)	10	100	100	100	100	100	100

$$R_{кр} = k(m,n) \text{ М.}$$



Лекция 7 Метрологическая служба

1. Государственная метрологическая система Украины.
2. Метрологическая служба Украины.
3. Международные и региональные организации по метрологии.

7.1 Государственная метрологическая система Украины

Государственная метрологическая система Украины:

- законодательная база;
- метрологическая служба.

Функции ГМСУ	• реализация единой технической политики в области метрологии
	• защита граждан и национальной экономики от последствий недостоверных результатов измерений
	• экономия всех видов материальных ресурсов
	• повышение уровня фундаментальных исследований и научных разработок
	• обеспечение качества и конкурентоспособности отечественной продукции
	• создание научно-технических, нормативных и организационных основ обеспечения единства измерений в государстве

Законодательная база метрологической системы Украины

- закон Украины "Про метрологію та метрологічну діяльність" •
- государственные стандарты Украины (**ДСТУ**);
- отраслевые стандарты и технические условия;
- типовое положение о метрологических службах центральных органов исполнительной власти, предприятий и организаций.

Закон Украины "Про метрологію та метрологічну діяльність"

Основные положения закона	• государственная метрологическая система
	• применение, воспроизведение и хранение единиц измерений
	• применение СИТ и использование результатов измерений
	• структура и деятельность государственной и ведомственной метрологических служб
	• государственный и ведомственный метрологический контроль и надзор
	• организация государственных испытаний, метрологической аттестации и поверки СИТ
	• финансирование метрологической деятельности

Нормативные документы по метрологии

- Разработка и утверждение нормативных документов по метрологии осуществляется в соответствии с законодательством.
- Требования нормативных документов по метрологии, утвержденные Госпотребстандартом Украины, являются обязательными для исполнения центральными и местными органами исполнительной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, гражданами – субъектами предпринимательской деятельности и иностранными производителями.
- Требования нормативных документов по метрологии, утвержденные центральными органами исполнительной власти, являются обязательными для исполнения предприятиями и организациями, относящимися к сфере управления этих органов.
- Предприятия и организации могут разрабатывать и утверждать в сфере своей деятельности документы по метрологии, которые конкретизируют утвержденные Госпотребстандартом Украины нормативные документы и не противоречат им.

7.2 Метрологическая служба Украины

Метрологическая служба Украины:

- государственная метрологическая служба;
- ведомственная метрологическая служба.

Государственная метрологическая служба ► организует, осуществляет и координирует деятельность по обеспечению единства измерений.

Структура ГМС	• Государственный комитет по техническому регулированию и потребительской политике (Госпотребстандарт Украины)
	• государственные научные метрологические центры
	• территориальные метрологические органы Госпотребстандарта
	• Государственная служба единого времени и эталонных частот
	• Государственная служба стандартных образцов веществ и материалов
	• Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов

Основные функции ГМС:

• разработка научных, технических, законодательных и организационных основ метрологического обеспечения
• разработка, совершенствование и поддержание эталонной базы
• разработка нормативных документов по обеспечению единства измерений
• стандартизация норм и правил метрологического обеспечения
• создание систем передачи размеров единиц измерений
• разработка и аттестация методик выполнения измерений
• организация государственной поверки и калибровка СИТ
• государственный метрологический контроль и надзор за производством и применением СИТ, соблюдением метрологических норм и правил
• обеспечение единства измерения времени и частоты и определение параметров вращения Земли
• разработка и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов
• разработка и внедрение стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов

Ведомственная метрологическая служба:

- центральных органов исполнительной власти (министерств, ведомств);
- объединений предприятий;
- предприятий и организаций;

Основные функции ВМС	• обеспечение единства измерений в сфере своей деятельности
	• разработка и внедрение современных методов измерений, СИТ, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов
	• организации и осуществление ведомственного метрологического контроля и надзора
	• разработка и аттестация методик выполнения измерений, метрологической аттестации, поверки и калибровки СИТ
	• организация и проведение государственных испытаний, ведомственной поверки, калибровки и ремонта СИТ
	• организация метрологического обеспечения испытаний и сертификации продукции
	• проведение аккредитации измерительных и калибровочных лабораторий

- **Метрологические службы предприятий и организаций** создаются с целью организации и выполнения работ по метрологическому обеспечению разработки, производства, испытаний, использования продукции.
- В метрологическую службу предприятия и организации входят метрологическое подразделение и (или) другие подразделения.
- Работы по обеспечению **единства измерений** относятся к **основным видам работ**, а подразделения **метрологической службы** – к **основным производственным подразделениям**.

Типовое положение о метрологических службах центральных органов исполнительной власти, предприятий и организаций

На право проведения:

- государственных испытаний,
- поверки и калибровки СИТ,
- аттестации методик выполнения измерений,
- проведения ответственных измерений

► **аккредитация**

7.3 Международные и региональные организации по метрологии

Основные международные метрологические организации:

- Международная организация мер и весов;
- Международная организации законодательной метрологии;
- Международная электротехническая комиссия.

Международная организация мер и весов (OIPM)

(создана на основе Метрической конвенции 1875 г., 48 стран-участниц).

Высший орган: Генеральная конференция по мерам и весам.

Руководящий орган: Международный комитет мер и весов (CIPM):

Состав: 18 крупнейших физиков и метрологов мира;

Структура: 8 Консультативных комитетов:

- по электричеству,
- термометрии,
- определению метра,
- определению секунды,
- по единицам физических величин и др.

При **CIPM** ► **Международное бюро мер и весов (BIPM)**

Основные задачи **BIPM**:

- сохранение международных эталонов единиц и сравнение с ними национальных эталонов;
- совершенствование метрической системы измерений;
- координация деятельности национальных метрологических организаций.

Международная организации законодательной метрологии (OIML)

(с 1956г., более 80 стран-участниц).

Высший орган: **Международная конференция законодательной метрологии**.

Руководящий орган: **Международный комитет законодательной метрологии (ICML)**.

При **ICML** ► **Международное бюро законодательной метрологии**.

Цели OIML:

- установление единства измерений на международном уровне;
- обеспечение сходимости результатов измерений и исследований в разных странах для достижения одинаковых характеристик продукции;
- разработка рекомендаций по оценке неопределенностей измерений, теории измерений, методам измерений и поверки СИТ и т.п.;
- сертификация СИТ.

Международная электротехническая комиссия (IEC)

(с 1906г., 80 стран-участниц) ► основной международный орган по стандартизации в области электротехники, радиоэлектроники и связи и сертификации изделий электронной техники.

Основные региональные организации

КООМЕТ – метрологическая организация стран центральной и восточной Европы (включая Украину);

ЕВРОМЕТ – метрологическая организация ЕС;

ВЕЛМЕТ – европейское объединение по законодательной метрологии;

EAL – европейское объединение по калибровке.