

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б.1.В.ДВ.02.02 Метрологическое обеспечение технологического процесса молочной  
промышленности**

**Направление подготовки:** 19.04.03 Продукты питания животного происхождения

**Профиль образовательной программы:** Технология молока и молочных продуктов

**Форма обучения:** очная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<i>1.1 Лекция №1 Понятие о метрологии. Метрология как вид деятельности.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2 Лекция №2 Физические величины и их измерения .....</i>	<i>9</i>
<i>1.3 Лекция №3 Объекты измерений.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4 Лекция №4 Средства измерений.....</i>	<i>20</i>
<i>1.5 Лекция №5 Цели и задачи государственной системы обеспечения единства измерений.....</i>	<i>29</i>
<i>1.6 Лекция №6 Организационные основы обеспечения единства измерений.....</i>	<i>31</i>
<i>1.7 Лекция №7 Метрологическая деятельность в области обеспечения единства измерений.....</i>	<i>39</i>
<b>2. Методические указания по проведению семинарских занятий.....</b>	<b>45</b>
<i>2.1 Семинарское занятие № С-1,2 Понятие о метрологии. Метрология как вид деятельности.....</i>	<i>4</i>
	<i>5</i>
<i>2.2 Семинарское занятие № С-3,4 Физические величины их измерения.....</i>	<i>47</i>
<i>2.3 Семинарское занятие № С-5,6 Международная система единиц физических величин.....</i>	<i>48</i>
<i>2.4 Семинарское занятие № С-7,8 Методы измерений, их виды и характеристика.....</i>	<i>51</i>
<i>2.5 Семинарское занятие № С-9,10 Цели и задачи государственной системы обеспечения единства измерений.....</i>	<i>56</i>
<i>2.6 Семинарское занятие № С-11,12 Состав государственной системы обеспечения единства измерений.....</i>	<i>58</i>

## **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

### **1. 1 Лекция № 1 (2 часа).**

**Тема:** «Понятие о метрологии. Метрология как вид деятельности»

#### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Понятие о метрологии.
2. Задачи метрологии.

#### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Понятие о метрологии**

Метрология (от греч. metron — мера, logos — учение) — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений. В современном обществе она играет большую роль. Это связано с тем, что практически нет ни одной сферы человеческой деятельности, где бы ни использовались результаты измерений.

С помощью измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах и т. д. И только ее достоверность и точность обеспечивают правильность решений на всех уровнях управления, а недостоверность приводит к снижению качества продукции, авариям, неверным решениям.

Эффективное сотрудничество с другими странами (например, в области освоения космоса, медицины, охраны окружающей среды и т. д.), дальнейшее развитие торговых отношений требуют взаимного доверия к измерительной информации, являющейся по существу основой взаимных расчетов при торговых операциях, заключении контрактов на поставку материалов, изделий, оборудования. Создание единого подхода к измерениям

гарантирует взаимопонимание, возможность унификации и стандартизации методов и средств измерений и испытаний продукции в международной системе товарооборота.

Для количественного определения (измерения) того или иного параметра, характеристики продукции, процесса, т. е. любого объекта, необходимо: выбрать параметры, которые характеризуют интересующие нас свойства объекта; установить степень достоверности, с которой следует определить выбранные параметры, а также допуски, нормы точности и т. д.; выбрать методы и средства измерений для достижения требуемой точности; обеспечить готовность средств измерений выполнять свои функции привязкой их (средств измерений) к соответствующим эталонам (посредством периодической поверки, калибровки средств измерений); обеспечить учет или создание условий для проведения измерений, обработку результатов измерений и оценку характеристик погрешностей.

Для более наглядного представления перечисленных положений выстроим их в виде схемы. (рис.1) Они представляют собой своеобразную цепь, изъятие из которой какого-нибудь звена неизбежно приводит к получению недостоверной информации и, как следствие, к значительным экономическим потерям и принятию ошибочных решений и т. д.

Измерения как основной объект метрологии связаны как с физическими величинами, так и с величинами, относящимися к другим наукам (математике, психологии, медицине и др.).

*Измерением* называют совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины и позволяющего сопоставить с нею измеряемую величину. Полученное значение величины и есть результат измерений. Интересно отметить соответствие в целом этой современной трактовки с толкованием данного термина философом П. А. Флоренским: «Измерение — основной познавательный процесс науки и техники, посредством которого неизвестная

величина количественно сравнивается с другою, однородною с ней и считается известной» (1931).

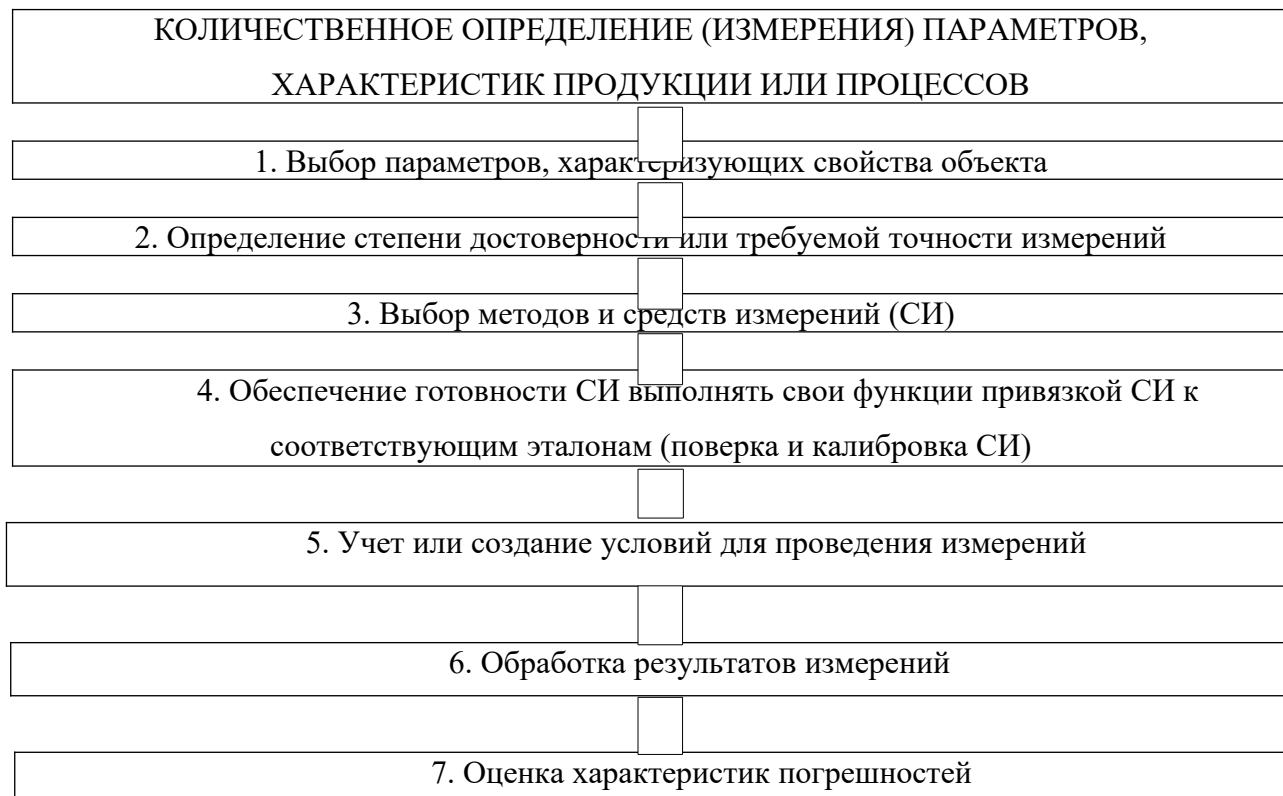


Рис. 1 Схема количественного определения параметров, характеристик продукции или процессов

## 2. Задачи метрологии.

Главной задачей метрологического обеспечения является обеспечение единства измерений.

Для ее решения необходимо выполнить два условия:

- 1) выражать результаты измерений в единых узаконенных единицах;
- 2) установить допустимые ошибки (погрешности) результатов измерений и пределы, за которые они не должны выходить с заданной вероятностью.

К основным задачам метрологии как науки относятся следующие:

- развитие общей теории измерений;
- установление единиц физических величин;

- разработка методов и средств измерений, способов определения точности измерений;
- обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений;
- установление эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов и образцовых средств рабочим средствам измерений.

Задачи, стоящие перед метрологическим обеспечением в мясной, молочной и рыбной промышленности:

1) расширение масштабов по автоматизации производственных процессов и внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), а также автоматизированных систем управления предприятием, повышение требований к точности измерений в связи с задачами оптимизации технико-экономических показателей в процессе управления производством;

2) увеличение объемов и потоков материальных ресурсов, что предъявляет более высокие требования к точности учета массы сырья, полуфабрикатов и вспомогательных материалов, а также к точности измерений количества потребляемой энергии и топлива как во внутрицеховом, общезаводском масштабах, так и в отрасли в целом, к сопоставимости результатов испытаний, т. е. к решению проблемы единства измерений и установления единообразия средств измерений;

3) возрастающие требования к улучшению качества продукции за счет уменьшения допустимых отклонений технологических параметров и характеристик готовой продукции от номинальных значений;

4) повышение точности определения при выполнении НИР, данных и физических констант, расширение номенклатуры величин, измеряемых в экспериментальных условиях с высокой точностью. Например, определение массовой доли белка, жира, влаги и других показателей;

5) совершенствование мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда, что связано с необходимостью повышения

достоверности информации о параметрах технологического процесса, оборудовании и окружающей среды, где осуществляется технологический процесс.

В современном понимании метрология делится на теоретическую и прикладную. Математическим аппаратом является теория вероятностей и математическая статистика, а также дифференциальное и интегральное исчисления.

Прикладная метрология объединяет законодательную и организационно-практическую деятельность, направленную на обеспечение единства измерений в нашей стране и при международном сотрудничестве. Она включает в себя узаконение единиц измерений, проведение регулярной поверки мер и измерительных приборов, находящихся в эксплуатации, испытания и аттестацию вновь выпускаемых средств измерений. Решение таких проблем метрологии является очень важным для государства, поэтому в большинстве стран мира мероприятия по обеспечению единства и требуемой точности измерений установлены законодательно. Этот раздел метрологии называется законодательной метрологией.

Законодательная база метрологии включает следующие основные документы:

- Закон РФ «Об обеспечении единства измерений»;
- РМГ 29–99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения»;
- ГОСТ 8.417–2002 «ГСИ. Единицы величин»;
- ПР 50.2.006–94 «ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений»;
- ПР 50.2.009–94 «ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения»;
- ПР 50.2.014–94 «ГСИ. Правила проведения аккредитации метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений»;

– ПР 50.2.002–94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

Закон «Об обеспечении единства измерений» осуществляет регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в Российской Федерации в соответствии с Конституцией РФ. В Законе устанавливаются: основные применяемые понятия, такие как: организационная структура государственного управления обеспечением единства измерений; нормативные документы по обеспечению единства измерений; единицы величин и государственные эталоны единиц величин; средства и методики измерений. Закон устанавливает Государственную метрологическую службу и другие службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц, а также виды и сферы распределения государственного метрологического контроля и надзора. Закон отражает установление в РФ рыночных отношений, определяя основы деятельности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Вопросы деятельности структурных подразделений метрологических служб на предприятиях выведены за рамки законодательной метрологии и регулируются экономическими методами.

На получении точной измерительной информации, питающей абстрактное мышление, основаны успехи всех естественных наук. Д. И. Менделеев отмечал, что «в природе мера и вес суть главные орудия познания».

Метрология, как наука, оперирует фактами. К ним относятся физические величины, их единицы, средства измерений, методы и методики измерений, измерения, результаты измерений, погрешности измерений и средств измерений и др. Отражение в сознании воспринятых фактов называют представлением. Более высокой степенью отражения

является понятие — это отражение в сознании общих, существенных сторон предмета. Обобщающая деятельность разума происходит на базе практики, поэтому она является основой для возникновения понятия. Понятия передаются путем слов или сочетаний слов, называемых терминами.

Для развития и изучения науки и техники большое значение имеет единообразие применяемой терминологии. Особенно важно это в метрологии, которая является одним из связующих звеньев многих направлений человеческой деятельности. Поэтому ее язык должен быть единым для разных отраслей знаний. Развитие науки и техники корректирует и дополняет этот язык.

Однако некоторые отрасли измерений возникли раньше метрологии, обобщающей науки об измерениях. В них сформировалась своя терминология, отраслевая. Поэтому в практике и технической литературе возникли отдельные специфические термины, которые надо знать, чтобы уметь правильно определить то или иное понятие. Например, при измерении длин и углов пользуются измерительными приборами (включая микрометры и штангенциркули), которые называют мерительным инструментом.

Для однозначного понимания терминов издаются терминологические словари, стандарты. К унификации терминов и определений побуждает также развитие международных научно-технических связей и торговли. В нашей стране метрологические понятия закреплены национальным стандартом ГОСТ Р 8.596–2002 «Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения», а также в международных терминологических словарях.

## **1. 2 Лекция № 2 (2 часа).**

**Тема:** «Физические величины и их измерения»

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Понятие физическая величина
2. Составляющие элементы измерений
3. Системы физических величин

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Понятие физическая величина**

Физическая величина — одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. Можно сказать также, что физическая величина — это величина, которая может быть использована в уравнениях физики, причем под физикой здесь понимается в целом наука и технологии. Слово «величина» часто применяется в двух смыслах: как вообще свойство, к которому применимо понятие «больше или меньше», и как количество этого свойства. В последнем случае приходилось бы говорить о «величине величины», поэтому в дальнейшем речь будет идти о величине именно как свойстве физического объекта, во втором же смысле — как о значении физической величины. В последнее время все большее распространение получает подразделение величин на физические и нефизические, хотя следует отметить, что пока нет строгого критерия для такого деления величин. При этом под физическими понимают величины, которые характеризуют свойства физического мира и применяются в физических науках и технике. Для них существуют единицы измерения.

Физические величины в зависимости от правил их измерения подразделяются на три группы:

- величины, характеризующие свойства объектов (длина, масса);
- величины, характеризующие состояние системы (давление, температура);

•величины, характеризующие процессы (скорость, мощность). К нефизическим относят величины, для которых нет единиц измерения. Они могут характеризовать как свойства материального мира, так и понятия, используемые в общественных науках, экономике, медицине. В соответствии с таким разделением величин принято выделять измерения физических величин и нефизические измерения. Другим выражением такого подхода являются два разных понимания понятия измерения:

•измерение в узком смысле как экспериментальное сравнение одной измеряемой величины с другой известной величиной того же качества, принятой в качестве единицы;

•измерение в широком смысле как нахождение соответствий между числами и объектами, их состояниями или процессами по известным правилам. Второе определение появилось в связи с широким распространением в последнее время измерений нефизических величин, которые фигурируют в медико-биологических исследованиях, в частности в психологии, экономике, социологии и других общественных науках. В этом случае правильнее было бы говорить не об измерении, а об оценивании величин, понимая оценивание как установление качества, степени, уровня чего-либо в соответствии с установленными правилами. Другими словами, это операция по приписыванию путем вычисления, нахождения или определения числа величине, характеризующей качество какого-либо объекта, по установленным правилам. Например, определение силы ветра или землетрясения, выставление оценок фигуристам или оценок знаний учащимся по пятибалльной шкале. Понятие «оценивание величин» не следует путать с понятием «оценки величин», связанным с тем, что в результате измерений мы фактически получаем не истинное значение измеряемой величины, а лишь его оценку, в той или иной степени близкую к этому значению.

Рассмотренное выше понятие «измерение», предполагающее наличие единицы измерения (меры), соответствует понятию измерения в узком

смысле и является более традиционным и классическим. В этом смысле оно и будет пониматься ниже — как измерение физических величин. Ниже приведены основные понятия, относящиеся к физической величине (здесь и далее все основные метрологические понятия и определения приводятся по упомянутой выше рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29–99):

- размер физической величины — количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу;

- значение физической величины — выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц;

- истинное значение физической величины — значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину (может быть соотнесено с понятием абсолютной истины и получено только в результате бесконечного процесса измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений);

- действительное значение физической величины — значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него;

- единица измерения физической величины — физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин;

- система физических величин — совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие определяются как функции этих независимых величин;

- основная физическая величина — физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы;

- производная физическая величина — физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы;

- система единиц физических единиц — совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин.

## 2. Составляющие элементы измерений.

Для того чтобы можно было провести измерение и достичь поставленную перед ним цель, необходимо сформулировать измерительную задачу, в которую должны войти следующие составляющие элементы измерений:

- объект измерения, т. е. измеряемая величина;
- единица измерения, с которой сравнивается эта величина;
- средство измерений, выбор которого должен быть оптимальным для достижения требуемого результата измерений;
- результат измерения, представляющий, как правило, именованное число, например метр, грамм;
- точность измерений, которая, как правило, задается при постановке измерительной задачи.

## 3. Системы физических величин.

Физическая величина  $X$  может быть при помощи математических действий выражена через другие физические величины  $A, B, C \dots$  уравнением вида:

$$X = k A^{\alpha} B^{\beta} C^{\gamma}, \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности;  $\alpha, \beta, \gamma$  — показатели степени.

Формулы вида (1), выражающие одни физические величины через другие, называются уравнениями между физическими величинами. Коэффициент пропорциональности в таких уравнениях за редким исключением равен 1. Значение этого коэффициента не зависит от выбора единиц, а определяется только характером связи величин, входящих в уравнение.

Для каждой системы величин число основных величин должно быть вполне определенным и его стараются свести к минимуму. Основные величины могут выбираться произвольно, но важно, чтобы система была удобной для практического применения. Как правило, в качестве основных выбирают величины, характеризующие коренные свойства материального мира: длину, массу, время, силу, температуру, количество вещества и др. Каждой основной величине присвоен символ в виде прописной буквы латинского или греческого алфавита, называемой размерностью основной физической величины. Например, длина имеет размерность  $L$ , масса —  $M$ , время —  $T$ , сила тока —  $I$  и т. д.

Понятие размерности вводится и для производной величины. Размерностью производной физической величины называется выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных величин в различных степенях и отражающее связь данной физической величины с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные, с коэффициентом пропорциональности, равным 1. Степени символов основных величин, входящих в одночлен, могут быть целыми, дробными, положительными и отрицательными в зависимости от связи рассматриваемой величины с основными. Связь производной величины через другие величины системы выражается определяющим уравнением производной величины. Размерность производной величины определяется путем подстановки в определяющее уравнение вместо входящих в него величин их размерностей. Причем для этого используются

простейшие уравнения связи, которые могут быть представлены в виде формулы (1).

Например, если определяющим уравнением для скорости  $v$  является уравнение  $v = s/t$ , где  $s$  — длина пути, пройденного за время  $t$ , то размерность скорости определяется по формуле  $L/T$ .

Форма уравнений, связывающих величины, не зависит от размеров единиц: какие бы единицы мы ни выбирали, соотношения величин останутся неизменными и одинаковыми с соотношениями числовых значений. Этим свойством измерение отличается от всех других приемов оценки величин. Размерность величин обозначается символом  $\dim$ . В нашем случае размерность скорости будет выражена как

$$\dim v = LT^{-1}.$$

Например, в системе величин LMT (длина, масса, время) размерность любой величины  $X$  в общем виде будет выражаться формулой, где  $L, M, T$  — символы величин, принятых в качестве основных, в данном случае это длина, масса и время;  $l, m, t$  — показатели размерности производной величины  $x$ .

Размерность является более общей характеристикой, чем уравнение связи между величинами, так как одну и ту же размерность могут иметь величины разной природы, например сила и кинетическая энергия.

Размерности имеют широкое практическое применение и позволяют:

- переводить единицы из одной системы в другую;
- проверять правильность расчетных формул;
- оценивать изменение размера производной величины при изменении размеров основных величин.

### **1.3 Лекция №3 (2 часа).**

**Тема:** «Объекты измерений»

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Измеряемые величины
2. Размер измеряемой величины

### 3. Шкалы измерений

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Измеряемые величины

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 колес 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; КПД.

Измерения времени и частоты: измерение времени и интервалов времени; измерение частоты периодических процессов.

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.

## **2. Размер 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.

## **3. Шкалы измерений**

Шкала измерений — это упорядоченная совокупность значений физической величины, которая служит основой для ее измерения. Поясним это понятие на примере температурных шкал. В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда, а в качестве основного интервала (опорной точки) — температура кипения воды. Одна сотая часть этого интервала является единицей температуры (градус Цельсия).

Различают несколько типов шкал: наименований, порядка, разностей (интервалов), отношений, абсолютные и др.

Шкалы наименований характеризуются только отношением эквивалентности (равенства). Шкала наименований — это качественная шкала, она не содержит количественную информацию, в ней нет нуля и единиц измерений. Элементы этих шкал характеризуются только соотношениями эквивалентности (равенства) и сходства конкретных качественных проявлений свойств. Примером может служить атлас цветов (шкала цветов). Процесс измерения заключается в визуальном сравнении окрашенного предмета с образцами цветов (эталонными образцами атласа).

Шкалы порядка характеризуют значение измеряемой величины в баллах. Эти шкалы описывают свойства, для которых имеют смысл не только соотношения эквивалентности, но и соотношения порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления свойства. Характерным примером шкал порядка являются существующие шкалы чисел твердости тел, шкалы баллов землетрясений, шкалы баллов ветра, шкала оценки событий на АЭС и т. п. Узкоспециализированные шкалы порядка широко применяются в методах испытаний различной продукции.

В этих шкалах также нет возможности ввести единицы измерений из-за того, что они не только принципиально нелинейны, но и вид нелинейности может быть различен и неизвестен на разных ее участках. Результаты измерений в шкалах твердости, например, выражаются в числах твердости по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу, Шору, а не в единицах измерений. Шкалы

порядка допускают монотонные преобразования, в них может быть или отсутствовать нулевой элемент.

Шкалы разностей (интервалов) отличаются от шкал порядка тем, что для описываемых ими свойств имеют смысл не только соотношения эквивалентности и порядка, но и суммирования интервалов (разностей) между различными количественными проявлениями свойств. Характерный пример — шкала интервалов времени. Интервалы времени (например, периоды работы, периоды учебы) можно складывать и вычитать, но складывать даты каких-либо событий бессмысленно.

Другой пример, шкала длин (расстояний) пространственных интервалов определяется путем совмещения нуля линейки с одной точкой, а отсчет делается у другой точки. К этому типу шкал относятся и шкалы температур по Цельсию, Фаренгейту, Реомюру.

Шкалы разностей имеют условные (принятые по соглашению) единицы измерений и нули, опирающиеся на какие-либо реперы. В этих шкалах допустимы линейные преобразования, в них применимы процедуры для отыскания математического ожидания, стандартного отклонения, коэффициента асимметрии и смещенных моментов.

Шкалы отношений имеют естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию. Например, шкала массы, начинаясь от нуля, может быть градуирована по-разному в зависимости от требуемой точности взвешивания. Сравните бытовые и аналитические весы. К множеству количественных проявлений в этих шкалах применимы соотношения эквивалентности и порядка — операции вычитания и умножения (шкалы отношений 1-го рода — пропорциональные шкалы), а во многих случаях и суммирования (шкалы отношений 2-го рода — аддитивные шкалы).

Массы любых объектов можно суммировать, но суммировать температуры разных тел нет смысла, хотя можно судить о разности и отношении их термодинамических температур. Примерами шкал отношений

являются шкалы массы (2-го рода), термодинамическая температурная шкала (1-го рода).

Шкалы отношений широко используются в физике и технике, в них допустимы все арифметические и статистические операции.

Абсолютные шкалы обладают всеми признаками шкал отношений, но в них дополнительно существует естественное однозначное определение единицы измерения. Такие шкалы используются для измерений относительных величин (отношений одноименных величин: коэффициентов усиления, ослабления, КПД, коэффициентов отражений и поглощений, амплитудной модуляции и т. д.).

#### **1.4 Лекция №4 (2 часа).**

**Тема: «Средства измерений»**

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Понятие «средства измерений»
2. Классификация средств измерений
3. Метрологические показатели и характеристики измерительных приборов

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

###### **1. Понятие «средства измерений»**

Средством измерений (СИ) называется техническое средство, предназначенное для измерений, имеющих нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и хранящие единицу измеряемой величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. Суть средства измерений заключается, во-первых, в «умении» хранить (или воспроизводить) единицу физической величины, во-вторых, в неизменности размера хранимой единицы. Эти важнейшие факторы и обуславливают возможность выполнения измерения путем сопоставления с единицей, т. е. делают техническое средство средством измерений. Если же размер единицы в процессе измерений изменяется более, чем установлено нормами, таким

средством нельзя получить результат с требуемой точностью. Метрологическая характеристика СИ — это характеристика одного из его свойств, влияющих на результат измерений или его погрешность.

## **2. Классификация средств измерений**

Средства измерений классифицируются по следующим признакам:

- по конструктивному исполнению;
- метрологическому назначению;
- уровню стандартизации.

По конструктивному исполнению СИ подразделяются на меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки, измерительные системы.

Мера — это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (например, гири — мера веса, резистор — мера электрического сопротивления).

Различают меры однозначные и многозначные. Под однозначной понимают меру, воспроизводящую физическую величину одного размера (гиря, мерная колба и т. д.). Под многозначной понимают меру, воспроизводящую ряд одноименных величин различного размера (линейка, бюретка и т. д.).

Меры могут быть объединены в наборы. Набор мер — это специально подобранный комплект мер, применяемый не только по отдельности, но и в различных сочетаниях для воспроизведения ряда одноименных величин различного размера.

К мерам относятся также стандартные образцы и образцовые вещества. Стандартный образец — это мера для воспроизведения единиц величин, характеризующих свойства или состав веществ и материалов. Например, стандартный образец свойств ферромагнитных материалов, образцы шероховатости поверхности.

Образцовое вещество — это вещество с известными свойствами, воспроизводимыми при соблюдении условий приготовления, указанных в утвержденной спецификации. Например, «чистая» вода, «чистые» газы, «чистые» металлы.

Измерительный преобразователь — это средство измерения, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но недоступной для непосредственного восприятия наблюдателем (температура, частотный преобразователь).

Измерительные преобразователи могут быть первичными, к которым подведена измеряемая величина, и промежуточными, которые располагаются в измерительной цепи за первичными. Примерами первичных измерительных преобразователей являются термопары, датчики, электроды рН-метров.

Измерительный прибор — средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне (рН-метры, весы, фотоэлектроколориметры и т. д.). Измерительные приборы бывают аналоговыми и цифровыми.

Аналоговым измерительным прибором называется измерительный прибор, показания которого являются непрерывной функцией измеряемой величины (вольтметр, ртутный термометр и т. д.).

Цифровым измерительным прибором называется прибор, показания которого представлены в цифровой форме (преобразование сигнала в значение физической величины происходит дискретно), например измерительный микроскоп с цифровым отсчетом.

По типу отсчетного устройства измерительные приборы делят на показывающие, регистрирующие и самопишущие. Под измерительной установкой понимают совокупность средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств для выработки сигналов информации в форме, удобной для восприятия, и расположенных в одном месте (испытательный стенд).

Измерительная система — это совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, размещенных в разных точках контролируемого пространства с целью измерения одной или нескольких физических величин, свойственных этому пространству (контролирующие, управляющие системы ПК).

По метрологическому назначению средства измерений подразделяются на рабочие и метрологические.

Рабочие средства измерений предназначены для измерений в различных сферах деятельности: в науке, технике, в производстве и т. д.

Метрологические средства измерений предназначены для метрологических целей: воспроизведения единицы и ее хранения. К ним относятся эталоны, образцовые средства измерений, поверочные установки, стандартные образцы.

Эталоны являются высокоточными средствами измерений, а потому используются для проведения метрологических измерений в качестве средств передачи информации о размере единицы. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных средств измерений к менее точным «по цепочке»: первичный эталон → вторичный эталон → рабочий эталон нулевого разряда → рабочий эталон первого разряда → рабочее средство измерений. Передача размера осуществляется в процессе поверки СИ. Целью поверки является установление пригодности СИ к применению.

По уровню стандартизации различают стандартизированные и не стандартизированные средства измерений.

Стандартизированными считаются средства измерений, изготовленные в соответствии с требованиями государственных стандартов и соответствующие техническим характеристикам установленного типа средства измерения, полученным на основании государственных испытаний, и внесенные в Государственный реестр средств измерений.

Не стандартизированные — уникальные средства измерений, предназначенные для специальной измерительной задачи, в стандартизации

требований к которым нет необходимости. Они не подвергаются государственным испытаниям, а подлежат метрологической аттестации.

### **3. Метрологические показатели и характеристики измерительных приборов**

Основными характеристиками средств измерений (СИ) являются: принцип действия, отсчетное устройство, указатель отсчетного устройства, шкала, деление шкалы, цена деления шкалы, диапазон показателей, номинальное значение, класс точности.

Принцип действия — физический принцип, положенный в основу средства измерений данного типа. Отсчетное устройство — часть элементов средства измерения, показывающее значение измеряемой величины. Указатель отсчетного устройства — часть отсчетного устройства, положение которого относительно отметок шкалы определяет показание средства измерений. Например, у барометра указателем является подвижная стрелка. Шкала средства измерений — часть отсчетного устройства, представляющая собой упорядоченный ряд отметок, соответствующих последовательному ряду значений величины, вместе со связанной нумерацией. Деление шкалы — промежуток между двумя соседними отметками шкалы средства измерения. Цена деления шкалы — разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Диапазон показателей средства измерений — область значений шкалы прибора, ограниченная конечным и начальным значением шкалы, которые называют верхним и нижним пределами измерений соответственно. Номинальное значение — значение величины, приписанное мере или партии мер при изготовлении. Качество измерений характеризуется: точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений. Точность измерительного прибора — это метрологическая характеристика прибора, определяемая погрешностью измерения, в пределах которой можно обеспечить использование данного измерительного прибора. В метрологии

используется понятие «класс точности» прибора или меры. Класс точности средства измерений (ГОСТ 8.401–80) является обобщенной характеристикой, определяемой пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерения. Класс точности характеризует свойства средства измерения, но не является показателем точности выполненных измерений, поскольку при определении погрешности измерения необходимо учитывать погрешности метода, настройки и др. В зависимости от точности приборы разделяются на классы: первый, второй и т. д. Допускаемые погрешности для разных типов приборов регламентируются государственными стандартами. Точность — это качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Количественная оценка точности — обратная величина модуля относительной погрешности. Например, если погрешность измерений равна  $10^{-6}$ , то точность равна  $10^6$ .

Метрологические характеристики СИ — характеристики, оказывающие влияние на результаты и погрешности средства измерения, предназначенные для оценки технического уровня и качества средства измерения, для определения результатов измерений и расчетной характеристики инструментальной составляющей погрешности измерений.

На любое средство измерений в процессе его изготовления и эксплуатации воздействуют различные случайные и объективные факторы. К ним относятся: неточность изготовления отдельных элементов конструкции, несоблюдение требований к внешним условиям при изготовлении, хранении и эксплуатации. Все это приводит к тому, что номинальные значения мер и показания приборов отличаются от истинных значений измеряемой величины, т. е. погрешности измерений определяются главным образом погрешностями СИ, но они не тождественны им.

Погрешности СИ — разница между показаниями измеряемой физической величины. Погрешности средств измерений могут быть классифицированы по следующим признакам:

- по происхождению;
- характеру проявления;
- отношению к изменяемости измеряемой величины;
- отношению к условиям применения;
- способу выражения.

По происхождению различают инструментальные погрешности и методические.

Инструментальные погрешности возникают вследствие недостаточного высокого качества элементов средства измерения. К этим погрешностям можно отнести погрешности изготовления, сборки элементов, недостаточной жесткости деталей и т. д. Инструментальная погрешность индивидуальна для каждого СИ.

Причиной возникновения методических погрешностей служит несовершенство метода измерений, в результате чего измеряемая величина на выходе средства измерения преобразуется в другую величину, которая отражает нужную лишь приблизительно, но гораздо проще реализуется. Причиной появления методических погрешностей является также неточность соотношений, используемых для нахождения оценки измеряемой величины.

Предел допускаемой погрешности СИ — это наибольшая по абсолютной величине погрешность средства измерений, при которой оно может быть признано и допущено к применению.

По характеру проявления различают погрешности систематические, случайные и грубые.

Систематическая погрешность — это составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины (неточность, износ, неуравновешенность СИ и т. д.). Постоянные систематические погрешности

внешне себя не проявляют, обнаружить их можно только проверкой нуля или чувствительности СИ.

Случайной погрешностью называют составляющую погрешности средств измерений, изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Случайная погрешность возникает при одновременном воздействии многих источников, каждый из которых сам по себе оказывает незначительное влияние на результат, но суммарное воздействие этих источников может оказаться достаточно сильным.

Грубые погрешности (промахи) СИ возникают из-за ошибок или неправильных действий оператора, а также при кратковременных резких изменениях условий проведения измерений (например, вибрация). Если их обнаруживают сразу, результаты отбрасывают. Часто их выявляют при обработке результатов с помощью критериев оценки грубых погрешностей.

По отношению к изменчивости измеряемой величины погрешности СИ бывают статические и динамические.

Статическая погрешность — погрешность, не зависящая от скорости измерения. Статическая погрешность возникает при измерении с помощью СИ постоянной величины. Если в паспорте указывают предельные погрешности в статических условиях, то они могут характеризовать точность средства измерений в динамических условиях.

Динамическая погрешность — погрешность, зависящая от скорости изменения измеряемой величины во времени. Возникновение ее обусловлено инертностью элементов измеряемой цепи. Динамическая погрешность определяется как разность между погрешностью средства измерения в динамическом режиме и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени. То есть динамическая погрешность возникает из-за несоответствия реакции средства измерения на скорость входного сигнала.

По отношению к условиям применения погрешности СИ бывают основные и дополнительные.

Основная погрешность — погрешность, определяемая в нормальных условиях применения средства измерения, которые оговариваются в нормативно-технических документах на прибор (например, температура, атмосферное давление и т. д.).

Дополнительная погрешность — составляющая погрешности СИ, дополнительно возникающая вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений. В условиях производства дополнительные погрешности могут оказаться больше основных, и заказчик СИ в определенных случаях может не соглашаться на выделение в отдельное указание дополнительных погрешностей и потребовать аттестации СИ по суммарной эксплуатационной погрешности в рабочих условиях.

По способу выражения погрешности СИ бывают абсолютными, относительными, приведенными.

Абсолютная погрешность — погрешность СИ, выраженная в единицах измеряемой физической величины:

$$\Delta X_{\text{п}} = X_{\text{п}} - X_{\text{д}}, \quad (1)$$

где  $X_{\text{п}}$  — показания прибора;  $X_{\text{д}}$  — действительное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность — погрешность СИ, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к действительному значению измеряемой физической величины в пределах диапазона измерений:

$$\sigma_{\text{п}} = \pm(\Delta X_{\text{п}}/X_{\text{п}}) \cdot 100 \%. \quad (2)$$

Приведенная погрешность — это погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к условно принятому значению физической величины, которое постоянно во всем диапазоне или некоторой его части:

$$y = (\Delta X_{\text{п}}/X_{\text{Н}}) \cdot 100 \%. \quad (3)$$

Условно принятое значение величины  $X_{\text{Н}}$  называют нормирующим значением. Часто за нормирующее значение принимают верхний предел

измерений, диапазон измерений, длину шкалы и т. д. Приведенную погрешность обычно выражают в процентах.

Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ этого класса, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью этих средств. Это важно при выборе СИ в зависимости от заданной точности измерений.

Средствам измерения с двумя и более диапазонами измерений одной и той же физической величины допускается присваивать два и более классов точности с учетом государственных приемочных испытаний. Метрологические характеристики должны соответствовать установленным классам точности как при выпуске, так и в процессе эксплуатации.

Обозначение классов точности наносится на циферблатные щитки и корпуса СИ, приводится в нормативно-технических документах со ссылкой на стандарт или технические условия, в которых устанавливается класс точности для этого типа СИ.

Обозначения могут иметь форму:

- заглавных букв латинского алфавита (например, М, С и т. д.);
- римских цифр (I, II, III, IV и т. д.) с добавлением условных знаков;
- арабских цифр с добавлением какого-либо условного знака.

## **1. 5 Лекция №5 (2часа).**

**Тема:** Цель и задачи государственной системы обеспечения единства измерений

### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Цели государственной системы ОЕИ
2. Основные задачи ГСИ

### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Цели государственной системы ОЕИ**

Цели государственной системы ОЕИ:

- 1) защита прав и законных интересов граждан от отрицательных последствий недостоверных измерений;
- 2) обеспечение потребности государства и общества в объективных и достоверных результатах измерений в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, обеспечения безопасности государства;
- 3) содействие развитию отечественной экономики и научно-технического прогресса.

## **2. Основные задачи ГСИ**

Основные задачи ГСИ изложены в основополагающем стандарте (ГОСТ Р 8.000–2000 «Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения»):

- разработка оптимальных принципов управления деятельностью по ОЕИ;
- организация и проведение фундаментальных научных исследований с целью создания более совершенных и точных методов и средств воспроизведения единиц и передачи их размеров;
- установление системы единиц величин и шкал измерений, допускаемых к применению;
- установление основных понятий метрологии, унификация их терминов и определений;
- установление экономически рациональной системы государственных эталонов;
- создание, утверждение, применение и совершенствование государственных эталонов;
- установление систем (по видам измерений) передачи размеров единиц величин от государственных эталонов средствам измерений, применяемым в стране;
- создание и совершенствование вторичных и рабочих эталонов, комплексных поверочных установок и лабораторий;

- установление общих метрологических требований к эталонам, средствам измерений, методикам выполнения измерений, методикам поверки (калибровки) средств измерений и других требований, соблюдение которых является необходимым условием ОЕИ;
- разработка и экспертиза разделов метрологического обеспечения федеральных и иных государственных программ, в том числе программ создания и развития производства оборонной техники;
- осуществление государственного метрологического контроля: поверка средств измерений; испытания с целью утверждения типа средств измерений; лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению и ремонту средств измерений;
- осуществление государственного метрологического надзора: за выпуском, состоянием и применением средств измерений; эталонами единиц величин; аттестованными методиками выполнения измерений; соблюдением метрологических правил и норм; количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций; количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже;
- разработка принципов оптимизации материально-технической и кадровой базы органов Государственной метрологической службы;
- аттестация методик выполнения измерений;
- калибровка и сертификация средств измерений, не входящих в сферы государственного метрологического контроля и надзора;
- аккредитация метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;
- аккредитация поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля в составе действующих в Российской Федерации систем аккредитации;
- участие в работе международных организаций, деятельность которых связана с ОЕИ;

- разработка совместно с уполномоченными федеральными органами исполнительной власти порядка определения стоимости (цены) метрологических работ и регулирования тарифов на эти работы;
- организация подготовки и подготовка кадров метрологов;
- информационное обеспечение по вопросам ОЕИ;
- совершенствование и развитие ГСИ.

## **1.6 Лекция № 6 (2 часа).**

**Тема:** Организационные основы обеспечения единства измерений

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Структура российской системы измерений
2. Органы по метрологии
3. Метрологическая деятельность в области обеспечения единства измерений

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Структура российской системы измерений**

Российская система измерений (РСИ) охватывает органы и службы, обеспечивающие ОЕИ в России, вместе с разработчиками, производителями и пользователями СИ, действующими в соответствии с российским законодательством. В ходе проведения административной реформы в Российской Федерации сформировалась определенная структура ГСИ.

Она включает следующие субъекты:

- 1) федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие установленные Правительством РФ функции в области метрологии, в частности национальный орган по метрологии — Росстандарт;
- 2) региональные центры метрологии, осуществляющие руководство ОЕИ на местах;
- 3) систему государственных справочных служб — ГСС (ГСССД, ГССО, ГСВЧ);

4) метрологические службы федеральных органов исполнительной власти.

Во главе метрологической инфраструктуры стоят два федеральных органа исполнительной власти — Министерство промышленности и торговли РФ (Минпромторг России) и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии — Росстандарт.

В ближайшей перспективе (согласно ФЗ по обеспечению единства измерений — через два года) руководство деятельностью по выполнению функций ОЕИ будут осуществлять и другие органы исполнительной власти. Это объясняется тем, что ФЗ «О техническом регулировании» охватывает настолько много различных сфер жизни страны и общества в целом, что без активного участия в ОЕИ федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) нельзя обойтись.

У названных выше двух субъектов существующей вертикали власти четко разграничены функции.

Минпромторг России осуществляет регулирование метрологической деятельности в следующих формах:

- представляет в Правительство РФ проекты нормативных правовых актов;
- рассматривает и утверждает нормативные правовые акты;
- осуществляет связь с другими ФОИВ, ведущими метрологическую деятельность.

Росстандарту подчинены такие государственные федеральные унитарные предприятия (ФГУП), как научно-исследовательские институты, разрабатывающие научно-методические проблемы стандартизации, метрологии и подтверждения соответствия. В ведении Росстандарта находятся 86 федеральных государственных учреждений — центров стандартизации, метрологии и сертификации — ФГУ ЦСМ (общая численность работающих составляет примерно 10,5 тыс. человек).

Специфическими функциями Росстандарта (в сравнении с Минпромторгом России) являются:

а) надзорная деятельность через Государственную метрологическую службу России;

б) оказание государственных услуг (например, лицензирование деятельности по изготовлению и ремонту СИ); управление государственным имуществом (имуществом ФГУП, фондом государственных эталонов и пр.).

Поскольку основные звенья инфраструктуры (институты, службы, территориальные органы) находятся в непосредственном ведении федерального агентства Росстандарт, то практически функции национального органа по метрологии в стране (научно-методическая деятельность, метрологические услуги и работы, контрольно-надзорная деятельность, международная деятельность, руководство территориальными органами) осуществляет данный федеральный орган исполнительной власти.

## **2. Органы по метрологии**

Как отмечалось выше, метрологические службы — это сеть организаций, на которые возложена ответственность за метрологическое обеспечение измерений. Указанное обеспечение осуществляют:

- метрологические службы ФОИВ;
- государственные научные метрологические институты;
- государственные справочные метрологические службы;
- государственные региональные центры метрологии;
- метрологические службы юридических лиц.

Метрологические службы федеральных органов исполнительной власти. Согласно ФЗ «Об обеспечении единства измерений» ФОИВ, осуществляющие функции, связанные с измерениями в законодательно утвержденных сферах, создают в установленном порядке метрологические службы (МС) в аппарате ФОИВ и определяют должностных лиц в целях организации деятельности по ОЕИ. Права и обязанности МС определяются

положениями о них, утверждаемыми руководителями органов ряда министерств и ведомств (Минобороны России, Росатом и пр.). Некоторые МС были созданы еще в начале 1990-х гг. согласно ранее действовавшему Закону РФ «Об обеспечении единства измерений».

Государственные научные метрологические институты. Эти службы представлены семью научно-исследовательскими институтами системы Ростехрегулирования, в частности: институты ВНИИ метрологической службы (ВНИИМС, г. Москва), ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ, г. Санкт-Петербург), НПО «ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ, пос. Менделеево Московской обл.), Уральский НИИ метрологии (УНИИМ, г. Екатеринбург) и др.

Основными задачами рассмотренных институтов являются:

- а) проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в области ОЕИ;
- б) разработка, совершенствование, содержание, сличение и применение государственных первичных эталонов единиц величин;
- в) передача единиц величин от государственных эталонов;
- г) участие в разработке проектов НД в области ОЕИ;
- д) проведение обязательной метрологической экспертизы;
- е) участие в международном сотрудничестве в области метрологии.

Государственные региональные центры метрологии (ГРЦМ). В настоящее время они представлены 86 ЦСМ Ростехрегулирования на территориях субъектов РФ, городов федерального значения — Москвы и Санкт-Петербурга. Их основными задачами являются:

- а) проведение поверки СИ (в соответствии с установленной областью аккредитации);
- б) совершенствование, содержание и применение государственных эталонов единиц величин, используемых для обеспечения прослеживаемости других эталонов единиц величин и СИ к государственным первичным эталонам единиц величин.

Государственные справочные метрологические службы. Они представлены тремя организациями: Государственной службой времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ), Государственной службой стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО) и Государственной службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД).

ГСВЧ осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по обеспечению единства измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли. Об этой службе рядовой житель страны узнавал два раза в год — при переходе на летнее и зимнее время. Потребителями измерительной информации ГСВЧ являются службы навигации и управления самолетами, судами и спутниками, Единая энергетическая система и пр. Из-за потери в единстве измерения показателя времени возникнут ошибки в работе радионавигационных систем, из-за чего начнут падать самолеты и спутники, ракеты лететь не по назначению.

ГССО обеспечивает создание и применение системы стандартных (эталонных) образцов состава и свойств веществ и материалов — металлов и сплавов, нефтепродуктов, медицинских препаратов, образцов почв, образцов твердости различных материалов, образцов газов и газовых смесей и др. Практическое значение ГССО показано выше.

ГСССД обеспечивает разработку достоверных данных о физических константах, о свойствах веществ и материалов, в том числе конструкционных материалов, минерального сырья, нефти, газа и др. Потребителями информации ГСССД являются организации, проектирующие изделия техники, к точности характеристик которых предъявляются особо жесткие требования. Конструкторы этой техники не могут полагаться на противоречивую информацию о показателях свойств, содержащуюся в справочной литературе.

Метрологические службы юридических лиц. Эти службы созданы (и будут создаваться) субъектами хозяйственной деятельности — корпорациями, фирмами, предприятиями, практическая работа которых связана с измерениями. Они систематически проверяют состояние и применение всех метрологических объектов. В достаточно крупных организациях (госкорпорации Росатом, Роснано, ОАО «ЛУКОЙЛ», Роснефть) создаются полноценные МС, которые действуют в соответствии с утвержденным руководством положением. В небольших фирмах рекомендуется назначать лиц, ответственных за ОЕИ. Для ответственных лиц утверждается инструкция, в которой устанавливаются их функции, права, обязанности и ответственность.

На промышленных предприятиях метрологическое обеспечение технологических процессов, учетных операций, контроля качества выпускаемой продукции является необходимым условием выполнения требований НД и условий договоров.

### **3. Метрологическая деятельность в области обеспечения единства измерений**

Метрологическая деятельность включает работы и услуги.

К метрологическим работам относятся:

- 1) научно-исследовательские работы, связанные с теоретической, законодательной и прикладной метрологией;
- 2) разработка методик измерений, поверки и калибровки;
- 3) разработка нормативных правовых документов;
- 4) работы по государственному метрологическому надзору.

Работы 1)–3) ведутся на дорыночной стадии и направлены на создание научно-методической базы деятельности по обеспечению единства измерений. Работы оплачиваются как за счет средств федерального бюджета, так и за счет заинтересованных лиц.

К метрологическим услугам относятся:

1. Метрологическая экспертиза.

2. Передача единиц величин от государственных эталонов к подчиненным эталонам.

3. Поверка СИ.

4. Калибровка СИ.

5. Испытания СИ и стандартных образцов.

6. Аттестация методик измерения.

7. Аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

8. Информационные, консультационные и образовательные услуги в области метрологии.

В условиях рынка оказание услуг является преимущественно коммерческой деятельностью и поэтому оплачивается в соответствии со ст. 26 ФЗ «Об обеспечении единства измерений» как по регулируемым ценам в порядке, установленным Правительством РФ, так и в соответствии с условиями заключенных договоров (контрактов).

Объектами метрологической деятельности являются:

1) единицы величин (килограмм, вольт, секунда и т. д.);

2) эталоны единиц величин;

3) стандартные образцы;

4) средства измерений;

5) технические системы и устройства с измерительными функциями;

6) методики измерений;

7) проекты нормативных актов и национальных стандартов, техническая документация как объекты метрологической экспертизы.

К измерениям предъявляются обязательные и рекомендуемые требования.

Обязательные метрологические требования — метрологические требования, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и обязательные для соблюдения на территории Российской Федерации.

ФЗ «Об обеспечении единства измерений» установлены два источника формирования обязательных требований к измерениям:

- 1) законодательство по обеспечению единства измерений;
- 2) законодательство о техническом регулировании.

ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и подзаконные акты устанавливают обязательные требования к измерениям, используемым в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности. Указанные измерения относятся к сфере государственного регулирования (ГР).

К законодательству о техническом регулировании относится ФЗ «О техническом регулировании» и технические регламенты на конкретную продукцию. Конкретные метрологические требования устанавливаются в национальных стандартах (сводах правил), в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований принятого технического регламента.

Функция определения измерений, которые попадают в сферу ГР, и установления обязательных требований к ним, включая показатели точности измерения, возложена на ФОИВ. Для реализации обязательных требований используются такие обязательные к исполнению межведомственные документы, как Правила по метрологии. Перечень измерений является начальной, но не конечной целью работ ФОИВ по конкретизации сферы ГР в соответствующих областях деятельности. В частности, ФОИВ устанавливают обязательные требования, в том числе показатели точности измерения, к измерениям, вошедшим в перечень.

### **1.7 Лекция № 7 (2 часа).**

**Тема:** Метрологическая деятельность в области обеспечения единства измерений

#### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Сферы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений

2. Характеристика государственных метрологических услуг

### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

**1. Сферы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений**

Можно условно выделить три сферы, в которых государство должно участвовать с целью обеспечения ОЕИ.

1. Области с повышенной социальной значимостью (здравоохранение, охрана окружающей среды, ветеринария, охрана труда, обороноспособность). Недостоверность измерений в этой сфере может иметь серьезные последствия — угроза безопасности людей, государства, животных и растений.

2. Области, связанные с измерениями в экономических областях (государственные учетные операции, налоговые, таможенные операции и пр.). Недостоверные измерения могут привести к большим финансовым потерям государства. По существу речь идет об имущественной безопасности.

3. Области, в которых возможно столкновение интересов двух и более сторон (торговые операции, регистрация национальных и международных спортивных рекордов, измерения по поручению органов власти и судов). Недостоверные измерения в этих областях могут ввести в заблуждение приобретателей, органы власти и суда, а также привести к имущественным потерям.

Как уже было отмечено выше, ФОИВ, осуществляющие нормативно-правовое регулирование в каждой из перечисленных областей, определяет перечень измерений, относящийся к сфере ГР ОЕИ. Перечень должен быть согласован с ФОИВ, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений, — Минпромторгом России.

Например, перечень СИ, используемых в здравоохранении в сфере ГР ОЕИ, должен быть определен Минздравсоцразвития России по согласованию с Минпромторгом России.

Примерами СИ, являющимися объектами ГР ОЕИ, являются:

- в здравоохранении — средства измерения кровяного давления, медицинские термометры, аналитические весы, шприцы, камеры и приборы счета клеток, средства взвешивания;
- в области охраны окружающей среды, обеспечения безопасности труда — дозиметры при контроле уровня радиации, шумомеры, шинные манометры для автомобилей, приборы для измерений содержания оксида углерода в выхлопных газах автомобилей;
- в сфере торговых операций — СИ для контроля количества товара, в частности длины (жесткие и гибкие метры, измерительные ленты, штангенциркули, микрометры), площади (планиметры и мерильные машины для измерения площади поверхностей), объема (бутыли и бочки с указанием номинального объема, колбы, мерники, мерные цилиндры, градуированные пробирки, пипетки), массы (гири и весы различных типов), температуры (термометры).

К торговым операциям также относятся СИ, применяемые гражданами для собственных нужд: коммунальные счетчики газа, электроэнергии, тепла. Поскольку они включаются в сферу государственного регулирования, то за своевременную поверку их владельцы несут ответственность, определенную соответствующими постановлениями Правительства РФ по вопросам оплаты коммунальных услуг.

Нужно иметь в виду, что СИ одного и того же назначения могут быть, а могут и не быть объектом Государственного метрологического контроля и надзора (ГМКиН). Например, СИ длины на национальных и международных соревнованиях являются объектом ГМКиН, а на рядовых работах на садовом участке не являются. Прибор для измерения давления в промышленных установках (манометр) является объектом ГМКиН, если используется для

контроля давления в паровом котле, и не является объектом в резервуарах, работающих под низким давлением, так как неточные измерения в последнем случае не будут причиной аварийной ситуации.

Государственное регулирование в области ОЕИ осуществляется в двух основных направлениях:

- 1) оказание государственных метрологических услуг;
- 2) осуществление государственного метрологического надзора

## **2. Характеристика государственных метрологических услуг**

Метрологическая услуга оказывается организациями и лицами, аккредитованными в установленном порядке. По итогам этой процедуры осуществляется ввод СИ в сферу обращения. В результате в установленном порядке создается документ, подтверждающий готовность СИ к использованию по назначению.

К государственным метрологическим услугам, оказываемым на потребительском рынке, относятся: 1) утверждение типа СИ; 2) поверка СИ; 3) лицензирование деятельности по ремонту СИ. Требования к первым двум услугам изложены в ФЗ «Об обеспечении единства измерений», требования к третьей — в Федеральном законе от 08.08.2001 г. № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».

Утверждение типа СИ необходимо для новых марок (типов) СИ, предназначенных для выпуска с производства или ввоза по импорту. Указанная процедура предусматривает обязательные испытания СИ, принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию, выдачу свидетельства об утверждении типа.

Испытания СИ проводятся государственными научными метрологическими институтами, аккредитованными в качестве

государственных центров испытаний СИ (ГЦИ СИ). Решением Госстандарта в качестве ГЦИ СИ могут быть аккредитованы специализированные организации вне системы Росстандарт. Например, ряд СИ медицинского назначения проходят испытания в ГЦИ системы Минздравсоцразвития России. Испытания проводят по утвержденной программе, которая может предусматривать определение метрологических характеристик конкретных образцов СИ и экспериментальную апробацию методики поверки.

Положительные результаты испытаний являются основанием для принятия Госстандартом решения об утверждении типа СИ, которое удостоверяется свидетельством. Утвержденный тип СИ вносится в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. На СИ утвержденного типа и эксплуатационные документы, сопровождающие каждый экземпляр, наносится знак утверждения типа установленной формы.

При истечении срока действия свидетельства, наличии информации от потребителей об ухудшении качества СИ, при внесении в их конструкцию или технологию изготовления изменений, влияющих на нормированные метрологические характеристики, проводятся испытания на соответствие СИ утвержденному типу. Если СИ изготавливаются или ввозятся из-за рубежа в единичных экземплярах, то процедура утверждения типа проводится по упрощенной схеме.

В соответствии с международными соглашениями, заключенными Россией с другими странами, бывшим Госстандартом России было принято решение о признании результатов испытаний или утверждении типа СИ, что является основанием для внесения типа импортируемых СИ в упомянутый выше Федеральный информационный фонд. Информация об утверждении типа СИ и решение об его отмене публикуются в официальных изданиях агентства Росстандарт. Информационное обслуживание заинтересованных юридических и физических лиц данными об утвержденных типах СИ осуществляется ВНИИ метрологической службы Росстандарта. Информация

об утверждении типа и решение о его отмене оперативно публикуются в журнале «Измерительная техника». Осуществляется также официальное издание описаний утвержденных типов СИ, что позволяет Центру стандартизации и метрологии (ЦСМ) иметь достоверную информацию и использовать ее при выполнении надзорных функций. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие разработку, выпуск из производства, ввоз на территорию страны СИ, не предназначенных для применения в сфере ГР ОЕИ, могут в добровольном порядке представлять их на утверждение типа. Важнейшей формой государственного надзора за измерительной техникой является государственная (и ведомственная) поверка средств измерений, служащая для установления их метрологической исправности. Поверка представляет собой совокупность стандартизированных проверок установленного числа основных метрологических и технических средств измерений с целью обеспечения единства и правильности измерений, выполняемых с применением технических средств. Периодическое повторение поверки позволяет обнаружить и изъять из употребления дефектные средства измерений. Цель поверки — выяснить, соответствуют ли характеристики средства измерений (СИ) регламентированным значениям и пригодно ли средство измерения к применению по его прямому назначению.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **2.1 Семинарское занятие №1,2 (4 часа).**

**Тема:** «Понятие о метрологии. Метрология как вид деятельности»

#### **2.1.1 Вопросы к занятию:**

1. Задачи, стоящие перед метрологическим обеспечением в молочной промышленности

2. законодательная база метрологии

#### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

**1. Задачи, стоящие перед метрологическим обеспечением в молочной промышленности**

1) расширение масштабов по автоматизации производственных процессов и внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), а также автоматизированных систем управления предприятием, повышение требований к точности измерений в связи с задачами оптимизации технико-экономических показателей в процессе управления производством;

2) увеличение объемов и потоков материальных ресурсов, что предъявляет более высокие требования к точности учета массы сырья, полуфабрикатов и вспомогательных материалов, а также к точности измерений количества потребляемой энергии и топлива как во внутрицеховом, общезаводском масштабах, так и в отрасли в целом, к сопоставимости результатов испытаний, т. е. к решению проблемы единства измерений и установления единообразия средств измерений;

3) возрастающие требования к улучшению качества продукции за счет уменьшения допустимых отклонений технологических параметров и характеристик готовой продукции от номинальных значений;

4) повышение точности определения при выполнении НИР, данных и

физических констант, расширение номенклатуры величин, измеряемых в экспериментальных условиях с высокой точностью. Например, определение массовой доли белка, жира, влаги и других показателей;

5) совершенствование мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда, что связано с необходимостью повышения достоверности информации о параметрах технологического процесса, оборудовании и окружающей среды, где осуществляется технологический процесс.

## **2. Законодательная база метрологии**

Законодательная база метрологии включает следующие основные документы:

- Закон РФ «Об обеспечении единства измерений»;
- РМГ 29–99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения»;
- ГОСТ 8.417–2002 «ГСИ. Единицы величин»;
- ПР 50.2.006–94 «ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений»;
- ПР 50.2.009–94 «ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения»;
- ПР 50.2.014–94 «ГСИ. Правила проведения аккредитации метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений»;
- ПР 50.2.002–94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

Закон «Об обеспечении единства измерений» осуществляет регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в

Российской Федерации в соответствии с Конституцией РФ. В Законе устанавливаются: основные применяемые понятия, такие как: организационная структура государственного управления обеспечением единства измерений; нормативные документы по обеспечению единства измерений; единицы величин и государственные эталоны единиц величин; средства и методики измерений. Закон устанавливает Государственную метрологическую службу и другие службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц, а также виды и сферы распределения государственного метрологического контроля и надзора. Закон отражает установление в РФ рыночных отношений, определяя основы деятельности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Вопросы деятельности структурных подразделений метрологических служб на предприятиях выведены за рамки законодательной метрологии и регулируются экономическими методами.

## **2.2. Семинарское занятие №3,4 (4 часа).**

**Тема:** «Физические величины и их измерения»

### **2.2.1 Вопросы к занятию:**

1. Основные понятия физических величин

### **2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

#### **1. Основные понятия физических величин.**

- размер физической величины — количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу;
- значение физической величины — выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц;
- истинное значение физической величины — значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и

количественном отношении соответствующую физическую величину (может быть соотнесено с понятием абсолютной истины и получено только в результате бесконечного процесса измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений);

- действительное значение физической величины — значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него;
- единица измерения физической величины — физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин;
- система физических величин — совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие определяются как функции этих независимых величин;
- основная физическая величина — физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы;
- производная физическая величина — физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы;
- система единиц физических единиц — совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин.

## **2.3 Семинарское занятие №5,6 (4 часа).**

**Тема:** «Международная система единиц физических величин»

### **2.3.1 Вопросы к занятию:**

#### **1 Основные единицы СИ**

## 2. Производные единицы СИ

### 2.3.2 Краткое описание проводимого занятия

#### 1. Основные единицы СИ

Таблица 1

Основные и дополнительные единицы СИ

Величина	Единица	Обозначение	
		Русское	Международное
Основные единицы СИ			
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила электрического тока	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd
Количество света	моль	моль	mol
Дополнительные единицы СИ			
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Метр равен длине пути, проходимого светом в вакууме за  $1/299\,792\,458$  долю секунды.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна  $9\,192\,631\,770$  периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

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  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.

Кельвин равен  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср.

## **2. Производные единицы СИ**

Производные единицы Международной системы единиц (табл. 2) образуются с помощью простейших уравнений между физическими величинами, в которых числовые коэффициенты равны 1. Например, для определения размерности линейной скорости воспользуемся выражением для скорости равномерного прямолинейного движения. Если длина пройденного пути —  $l$ , м, а время, за которое этот путь пройден, —  $t$ , с, то скорость получается —  $v = l/t$ , м/с. Следовательно, единица скорости СИ — метр в секунду — это скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с перемещается на расстояние 1 м. Аналогично образуются и другие единицы, в том числе с коэффициентом, не равным 1.

Таблица 2

## Производные единицы СИ, имеющие собственные наименования

Наименование величины	Единица		Выражение через единицы СИ	
	Наименование	Обозначение	Другие ед.	Основные и дополнительные ед.
Частота	Герц	Гц	-	$\text{с}^{-1}$
Сила	ньютон	Н	-	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Давление	паскаль	Па	$\text{Н}/\text{м}^2$	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия, работа	джоуль	Дж	$\text{Н} \cdot \text{м}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность	ватт	Вт	$\text{Дж}/\text{с}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Электрический заряд	кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$	$\text{с} \cdot \text{А}$
Электрический потенциал	вольт	В	$\text{Вт}/\text{А}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	фарада	Ф	$\text{Кл}/\text{В}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Электрическое сопротивление	ом	Ом	$\text{В}/\text{А}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Электрическая проводимость	сименс	См	$\text{А}/\text{В}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{А}^2$
Поток магнитной индукции	вебер	Вб	$\text{В} \cdot \text{с}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Магнитная индукция	тесла	Т, Тл	$\text{Вб}/\text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Индуктивность	генри	Г, Гн	$\text{Вб}/\text{А}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Световой поток	люмен	Лм	-	$\text{кд} \cdot \text{ср}$
Освещенность	люкс	Лк	-	$\text{кд} \cdot \text{ср} \cdot \text{м}^{-3}$
Активность радиоактивного источника	беккерель	Бк	$\text{С}^{-1}$	$\text{с}^{-1}$
Поглощенная доза излучения	грэй	Гр	$\text{Дж}/\text{кг}$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

**2.4 Семинарское занятие №7,8 (4 часа).****Тема:** «Методы измерений, их виды и характеристика»**2.4.1 Вопросы к занятию:**

1. Метод измерений, их виды и характеристика

## 2.4.2 Краткое описание проводимого занятия

### 1. Метод измерений, их виды и характеристика

Метод измерений — прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Существуют различные виды измерений. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений, и способов выражения этих результатов.

Существуют различные виды измерений. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений, и способов выражения этих результатов.

По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения выделяют статические и динамические измерения.

Статические — это измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

Динамические — это измерения, в процессе которых измеряемая величина изменяется во времени, например измерение давления и температуры при сжатии газа в цилиндре двигателя.

По способу получения результатов, определяемому видом уравнения измерений, выделяют прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения.

Прямые — это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных. Примерами таких измерений являются: измерение длины линейкой или рулеткой, измерение диаметра штангенциркулем или микрометром, измерение угла угломером, измерение температуры термометром и т. п.

Косвенные — это измерения, при которых значение величины определяют на основании известной зависимости между искомой величиной и величинами, значения которых находят прямыми измерениями. Например, определение влажности пищевых продуктов методом высушивания навески по массе.

Совокупные — это такие измерения, при которых значения измеряемых величин определяют по результатам повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Значение искомой величины определяют решением системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений.

Совместные — это измерения, производимые одновременно двух или нескольких разноименных величин для нахождения функциональной зависимости между ними. Примерами совместных измерений являются определение длины стержня в зависимости от его температуры или зависимости электрического сопротивления проводника от давления и температуры.

По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на три класса.

1. Измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения, и в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин. Сюда относятся также измерения физических констант, прежде всего универсальных, например измерение абсолютного значения ускорения свободного падения.

2. Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения. В этот класс включены измерения, выполняемые лабораториями государственного контроля (надзора) за соблюдением требований

технических регламентов, а также состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями. Эти измерения гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого, заранее заданного значения.

3. Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на промышленных предприятиях, в сфере услуг и др.

В зависимости от способа выражения результатов измерений различают абсолютные и относительные измерения.

Абсолютными называют измерения, которые основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании значений физических констант. Примерами абсолютных измерений являются: определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате.

Относительными называют измерения, при которых искомую величину сравнивают с одноименной величиной, играющей роль единицы или принятой за исходную. Примерами относительных измерений являются: измерение диаметра обечайки по числу оборотов мерного ролика, измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 м<sup>3</sup> воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 м<sup>3</sup> воздуха при данной температуре.

По условиям измерения различают контактный и бесконтактный методы измерений.

Контактный метод измерений основан на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения (измерение температуры тела или воздуха).

Бесконтактный метод основан на том, что чувствительный элемент прибора не приводится в контакт с объектом измерения (измерение расстояния до объекта радиолокатором, измерение температуры в доменной

печи пирометром).

В зависимости от способа определения значений искомых величин различают два основных метода измерений — метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

При методе непосредственной оценки определяют значение величины непосредственно по отсчетному устройству показывающего средства измерений (термометр, вольтметр и др.). Мера, отражающая единицу измерения, в измерении не участвует. Ее роль играет в СИ шкала, проградуированная при ее производстве с помощью достаточно точных СИ. При методе сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями).

В зависимости от типа применяемых измерительных средств различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.

Инструментальный метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.

Экспертный метод оценки основан на использовании суждений группы специалистов. Эвристические методы оценки основаны на интуиции.

Органолептические методы оценки основаны на использовании органов чувств человека.

Оценка состояния объекта может проводиться поэлементными и комплексными измерениями.

Поэлементный метод характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности.

Комплексный метод характеризуется измерением суммарного показателя качества, на который оказывают влияние отдельные его составляющие. Например, измерение отдельных показателей качества, по которым можно оценить сорт продукта.

## **2.5 Семинарское занятие №9,10 (4 часа).**

**Тема:** «Цель и задачи государственной системы обеспечения единства измерений»

### **2.5.1 Вопросы к занятию:**

1. Цель государственной системы обеспечения единства измерений
2. Задачи государственной системы обеспечения единства измерений

### **2.5.2 Краткое описание проводимого занятия**

#### **1. Цель государственной системы обеспечения единства измерений**

Цели государственной системы ОЕИ:

- 1) защита прав и законных интересов граждан от отрицательных последствий недостоверных измерений;
- 2) обеспечение потребности государства и общества в объективных и достоверных результатах измерений в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, обеспечения безопасности государства;
- 3) содействие развитию отечественной экономики и научно-технического прогресса.

#### **2. Задачи государственной системы обеспечения единства измерений**

Основные задачи ГСИ изложены в основополагающем стандарте (ГОСТ Р 8.000–2000 «Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения»):

- разработка оптимальных принципов управления деятельностью по ОЕИ;
- организация и проведение фундаментальных научных исследований с целью создания более совершенных и точных методов и средств воспроизведения единиц и передачи их размеров;

- установление системы единиц величин и шкал измерений, допускаемых к применению;
- установление основных понятий метрологии, унификация их терминов и определений;
- установление экономически рациональной системы государственных эталонов;
- создание, утверждение, применение и совершенствование государственных эталонов;
- установление систем (по видам измерений) передачи размеров единиц величин от государственных эталонов средствам измерений, применяемым в стране;
- создание и совершенствование вторичных и рабочих эталонов, комплексных поверочных установок и лабораторий;
- установление общих метрологических требований к эталонам, средствам измерений, методикам выполнения измерений, методикам поверки (калибровки) средств измерений и других требований, соблюдение которых является необходимым условием ОЕИ;
- разработка и экспертиза разделов метрологического обеспечения федеральных и иных государственных программ, в том числе программ создания и развития производства оборонной техники;
- осуществление государственного метрологического контроля: поверка средств измерений; испытания с целью утверждения типа средств измерений; лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению и ремонту средств измерений;
- осуществление государственного метрологического надзора: за выпуском, состоянием и применением средств измерений; эталонами единиц величин; аттестованными методиками выполнения измерений; соблюдением метрологических правил и норм; количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций; количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже;

- разработка принципов оптимизации материально-технической и кадровой базы органов Государственной метрологической службы;
- аттестация методик выполнения измерений;
- калибровка и сертификация средств измерений, не входящих в сферы государственного метрологического контроля и надзора;
- аккредитация метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;
- аккредитация поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля в составе действующих в Российской Федерации систем аккредитации;
- участие в работе международных организаций, деятельность которых связана с ОЕИ;
- разработка совместно с уполномоченными федеральными органами исполнительной власти порядка определения стоимости (цены) метрологических работ и регулирования тарифов на эти работы;
- организация подготовки и подготовка кадров метрологов;
- информационное обеспечение по вопросам ОЕИ;
- совершенствование и развитие ГСИ.

## **2.6 Семинарское занятие №11,12 (4 часа).**

**Тема:** «Состав государственной системы обеспечения единства измерений»

### **2.6.1 Вопросы к занятию:**

1.Подсистемы ГСИ

### **2.6.2 Краткое описание проводимого занятия**

#### **1.Подсистемы ГСИ**

ГСИ состоит из следующих подсистем:

- правовой;

- технической;
- организационной.

Правовая подсистема — комплекс взаимосвязанных законодательных и подзаконных актов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к следующим взаимосвязанным объектам деятельности по ОЕИ:

- совокупности узаконенных единиц величин и шкал измерений;
- терминологии в области метрологии;
- воспроизведению и передаче размеров единиц величин и шкал измерений;
- способам и формам представления результатов измерений и характеристик их погрешности;
- методам оценивания погрешности и неопределенности измерений;
- порядку разработки и аттестации методик выполнения измерений;
- комплексам нормируемых метрологических характеристик СИ;
- методам установления и корректировки межповерочных (рекомендуемых межкалибровочных) интервалов;
- порядку проведения испытаний в целях утверждения типа СИ и сертификации СИ;
- порядку проведения поверки и калибровки СИ;
- порядку осуществления метрологического контроля и надзора;
- порядку лицензирования деятельности юридических и физических лиц по изготовлению и ремонту СИ;
- типовым задачам, правам и обязанностям метрологических служб федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц;
- порядку аккредитации метрологических служб по различным направлениям метрологической деятельности;
- порядку аккредитации поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля;

- терминам и определениям по видам измерений;
- государственным поверочным схемам;
- методикам поверки (калибровки) СИ;
- методикам выполнения измерений.

Техническая подсистема представлена совокупностью:

- межгосударственных, государственных эталонов, эталонов единиц величин и шкал измерений;
- стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;
- средств измерений и испытательного оборудования, необходимых для осуществления метрологического контроля и надзора;
- специальных зданий и сооружений для проведения высокоточных измерений в метрологических целях;
- научно-исследовательских, эталонных, испытательных, калибровочных и измерительных лабораторий.

Организационная подсистема представлена метрологическими службами.