

1. Изучить представленный материал.
2. Законспектировать представленный материал, сохраняя нумерацию по разделам и подразделам. Выделенный текст также выделять. Конспектировать с соблюдением абзацев, красных строк, интервалов.

Занятие 2

1.1 Предмет и задачи метрологии. Исторический очерк развития метрологии. Три составляющие метрологии

Измерения являются одним из самых древних занятий в познавательной деятельности человека. Их возникновение относится к истокам материальной культуры человечества. В древнейшие времена люди обходились только счетом однородных объектов - голов скота, числа воинов... Такой счет не требовал введения понятия физической величины и установления условных единиц измерения. Не было потребности в изготовлении и использовании специальных технических средств для проведения счета. Однако по мере развития общества появилась необходимость в количественной оценке различных величин – расстояний, веса, размеров, объемов... Эту оценку старались свести к счету, для чего выбирались природные и антропологические единицы. Например, время измерялось в сутках, годах; линейные размеры – в локтях, ступнях, расстояния в шагах, сутках пути. Позже, в процессе развития промышленности, были созданы специальные устройства – средства измерений, предназначенные для количественной оценки различных величин. Так появились часы, весы, меры длины...

На определенном этапе своего развития измерения стали причиной возникновения метрологии. Долгое время последняя существовала как описательная наука, констатирующая сложившиеся в обществе соглашения о мерах используемых величин.

Результаты измерений помогают освоить количественную характеристику окружающего мира. Крайне важна роль подобных измерений при развитии цивилизации. Ведь именно с помощью этих измерений происходит формирование и управление различными технологическими процессами, а также контролирование качества выпускаемой продукции. Подобные измерения нужны для самых различных потребностей в процессе развития научно-технического прогресса: и для учета материальных ресурсов и планирования, и для нужд

внутренней и внешней торговли, и для проверки качества выпускаемой продукции, и для повышения уровня защиты труда любого работающего человека.

Многообразии природных явлений и продуктов материального мира требует для измерений такую же многообразную систему измерений, основанную на *сравнении полученной величины с другой, ей подобной, которая однажды была принята за единицу.*

Наука, систематизирующая и изучающая подобные единицы измерения, — метрология (metron. греч., что переводится как «мера», и logos — «учение»). Дословный перевод слова «метрология» - учение о мерах.

Метрология - наука об измерениях, о средствах и методах измерения, помогающих соблюсти принцип их единства, а также о способах достижения требуемой точности.

Для метрологии очень важно толковать термины однозначно для всех. Для этого был создан специальный стандарт на терминологию, утвержденный на государственном уровне.

Поскольку Россия на сегодняшний момент воспринимает себя частью мировой экономической системы, постоянно идет работа над унификацией терминов и понятий, создается международный стандарт.

В метрологии используются следующие определения:

Измерение — это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Физическая величина (ФВ) - это свойство физического объекта, которое является общим в отношении качества для большого количества физических объектов, но индивидуальным для каждого в смысле количественного выражения;

Единица физической величины - физическая величина, которой по условию присвоено числовое значение, равное 1;

Бурное развитие метрологии пришлось на конец XX в. Оно неразрывно связано с развитием новых технологий. До этого метрология была лишь описательным научным предметом.

Меры на Руси: длина – аршин (длина шага $\approx 0,711\text{м}$), сажень (3 аршина $\approx 2,1\text{м}$), верста (500 аршин $\approx 1\text{км}$); вес – пуд (16,4 кг); жидкие тела – бочки, ведра, кружки, бутылки.

В XV–XVIII вв. в связи с бурным ростом науки появилась необходимость новых измерений. Появились барометры, гидрометры, манометры, паровые машины, где мощность измеряется в лошадиных силах. А в XIX–XX вв. происходят новые физические открытия, появляется необходимость измерения в атомной и молекулярной физике.

В 1827 г. в России образована комиссия образцовых мер и весов. Д.И. Менделеев, возглавляя ее с 1892 по 1907 г., сыграл огромную роль в становлении метрологической службы России.

Важным понятием в науке метрологии является **единство измерений**, под которым подразумевают такие измерения, при которых итоговые данные получаются в узаконенных единицах, в то время как погрешности данных измерений получены с заданной вероятностью.

Предметом метрологии являются измерения, их единство и точность, а **объектами метрологии** являются единицы измерения величин, средства измерений и методы, используемые для выполнения измерений.

Необходимость существования единства измерений вызвана возможностью сопоставления результатов различных измерений, которые были проведены в различных районах, в различные временные отрезки, а также с применением разнообразных методов и средств измерения.

В связи с этим **задачами современной метрологии** становятся: усовершенствование эталонов, разработка новых методов точных измерений, обеспечение единства и необходимой точности измерений.

Метрология **включает в себя три раздела:**

1. Фундаментальная (теоретическая) метрология;
2. Законодательная (правовая) метрология ;
3. Практическая метрология.

Фундаментальная метрология – та составная часть науки об измерениях, предметом которой является разработка фундаментальных (общетеоретических) основ этой науки и развитие на ее базе прикладных теорий и научных направлений.

Она состоит из двух частей:

а) **Общетеоретическая метрология** – это та часть фундаментальной метрологии, предметом которой является разработка систем общих и частных законов, аксиом, постулатов, категорий, принципов, методов, математических и структурных моделей и т.д., характеризующих стратегии прямых (т.е. необходимых) и избыточных (необходимых и достаточных) измерений величин разной физической природы, пути и методы достижения качества, метрологической эффективности и надежности измерений.

б) **Прикладная метрология** – это та часть фундаментальной метрологии, предметом которой является разработка прикладных теорий и дисциплин, описывающих и характеризующих особенности измерений величин той или иной физической природы методами прямых или избыточных измерений, конкретные пути и методы достижения качества измерений, метрологической эффективности и надежности.

Прикладная метрология опирается на фундамент общетеоретической метрологии и развивает научные теории и дисциплины. Она направлена на получение конкретного научного результата, который актуально или потенциально может быть использован для удовлетворения частных или общественных потребностей.

Законодательная метрология – это та составная часть науки об измерениях, предметом которой является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц ФВ (физических величин), мер, эталонов, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, методов и средств измерений, направленная на обеспечение единства измерений, необходимого качества и единообразия средств измерений в интересах общества. Ее основная задача – создание и совершенствование системы государственных стандартов, организация и разработка методик проведения работ по обеспечению единства и точности измерений, а также организация и функционирование соответствующей государственной службы. Государственное регулирование выполняется посредством правовых актов через федеральные органы исполнительной власти (министерства и ведомства), Государственную метрологическую службу и метрологические службы предприятия и организаций.

Практическая метрология – это та составная часть науки об измерениях, которая изучает и освещает как вопросы практического применения разработок фундаментальной (преимущественно прикладной) метрологии, так и положений, требований и норм законодательной метрологии. Задачей её является изучение и освещение вопросов практического применения разработок фундаментальной метрологии, результатов ее теоретических исследований, положений, требований и норм законодательной метрологии, вопросов эффективности и метрологического обеспечения производства, ведения метрологической документации, осуществления всех видов поверочных работ, аккредитации метрологических служб, государственного метрологического контроля и надзора в масштабах страны, отрасли, предприятий, организаций и т.д.

Занятие 3

1.2 Виды и методы измерений

Классификация измерений.

Измерения (нахождение значения ФВ опытным путем с помощью специальных технических средств) классифицируются:

1) По характеристике точности (по условиям измерений):

· **Равноточные измерения** – это ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности **средствами измерений (СИ)** в одних и тех же условиях.

· **Неравноточные измерения** – ряд измерений ФВ, выполненных различными по точности **СИ** или в разных условиях.

2) По числу измерений в серии:

· **Однократные измерения** – это одно измерение одной величины, т. е. число измерений равно числу измеряемых величин. Практическое применение такого вида измерений всегда сопряжено с большими погрешностями, поэтому следует проводить не менее трех однократных измерений и находить конечный результат как среднее арифметическое значение.

· **Многократные измерения** - измерения, состоящие из ряда последовательных однократных измерений, число измерений при этом превышает количество измеряемых величин. При $n \geq 4$ измерения можно считать многократным, т. к. результат может быть обработан в соответствии с требованиями математической статистики. При этом в значительной мере снижается влияние случайных факторов на погрешность измерения.

3) По характеру изменения измеряемой величины в процессе измерений:

· **Статические измерения** ФВ имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна на всём протяжении времени измерения;

· **Динамические измерения** – это измерения ФВ, размер которых изменяется с течением времени (например, измерение диаметра вращающейся детали, обрабатываемой на токарном станке).

· **Статистические измерения** связаны с определением характеристик случайных процессов, звуковых сигналов, уровня шумов и т. д.

4) По выражению результата:

· **Абсолютные измерения** – измерения, приводящие к получению значения измеряемой величины в единицах этой величины (например, при измерении диаметра детали микрометром результат измерения выражается в единицах измеряемой величины, т.е. в миллиметрах).

· **Относительные измерения** связаны с измерением отношения какой-либо величины к одноименной величине, играющей роль единицы.

5) По способу получения результатов измерения:

· **Прямые измерения** – это непосредственное сравнение ФВ с её мерой (например, при определении длины предмета линейкой происходит сравнение искомой величины с мерой, т.е. линейкой). Либо это измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно по показаниям прибора (измерение тока с помощью амперметра);

· **Косвенные измерения** – измерения, при которых искомое значение ФВ определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, полученными прямыми измерениями (например, можно измерить силу тока амперметром и входное напряжение вольтметром, а по известной формуле рассчитать мощность, потребляемую объектом измерения: $P=UI$).

· **Совокупные измерения** осуществляются путем одновременного измерения нескольких одноименных величин, при которых искомое значение находят решением системы уравнений (число уравнений должно быть не меньше числа величин).

· **Совместные измерения** - это одновременное измерение двух или нескольких не одноименных ФВ для определения зависимости между ними.

б) По связи с объектом измерения – **контактные и бесконтактные**.

Методы измерений

Измерения базируются на определенных принципах, т.е. на определённых физических явлениях или их комплексе. Например, измерение температуры основано на явлении расширения жидкости при ее нагревании (ртуть в термометре).

Более общей является **метрологическая классификация** методов измерений, под которой понимается **классификация по способу сравнения измеряемой величины с единицей**.

По этому признаку все методы измерений разделяют:

1. Метод **непосредственной оценки** (измеренное значение наблюдают непосредственно по шкале устройства средства измерения, например, по часам, амперметру);

2. Метод **сравнения с мерой**, когда значение измеряемой ФВ сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение массы тела на рычажных весах). Метод сравнения реализуется на практике в виде модификаций:

3. **Дифференциальный метод** — метод измерений, при котором измеряется разность между измеряемой величиной и мерой, значение которой незначительно отличается от значения измеряемой величины.

4. **Метод совпадений** представляет собой разновидность метода сравнения с определённой мерой, при котором определяют разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой, используя определённых отметок шкалы либо специальных сигналов. Примером этого метода является измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом.

Очевидно, что выбор метода измерений зависит от его теоретической обоснованности, наличия необходимых средств измерений, их вида (мера, измерительный прибор и др.) и конструктивных особенностей.

Например, чтобы решить такую простейшую измерительную задачу, как измерение высоты заводской трубы, можно выбрать один из следующих методов:

- поднявшись с рулеткой на трубу, произвести измерение (метод сравнения с мерой);
- поднять вертолет с высотомером до уровня трубы и измерить высоту подъема (метод непосредственной оценки);
- вычислить высоту трубы как катет прямоугольного треугольника на основании результатов измерений расстояния до трубы и угла этого треугольника (косвенные измерения).