

## **Тема 3.1 Основы метрологии и метрологического обеспечения**

### **План.**

1. Понятие о метрологии. Физическая величина. Системы физических величин.

2. Воспроизведение и передача размеров физических величин.

Основы теории измерений

3. Обеспечение единства измерений. Метрологическое обеспечение изделий на разных стадиях их жизненного цикла.

### **Основная литература**

1. Зайцев С.А. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении / Зайцев С.А., Толстов А.Н. Грибанов Д.Д., Куранов А.Д. : учебник для СПО.- 3-е издание. - М: Издательский центр Академия, 2019.-288с.

2. Иванов И.А., Урушев С.В., Воробьев А.А., Кононов Д.П. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте: учебник для СПО.- :Издательский центр «Академия», 2017.-336с.

3. Ильяков А.И. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении/ Ильяков А.И., Марсов Н.Ю., Гутюм Л.В.: Практикум: учебное пособие для студентов Учреждений СПО.- М: Издательский центр Академия, 2017,-160с.

### **Дополнительная литература**

1. Никифоров Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие – 3-е изд.испр.-М: Высшая школа, 2010.-422с;

2. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация учебник – М: Издательский центр академия, 2010.-384с.

3. ГОСТ 16263-70 ГСИ. Метрология. Термины и определения.

4. ГОСТ 4.93-83. Система показателей качества продукции.

5. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции.

### **Интернет-ресурсы**

1. Csm-vrrn.ru

2. Gost.ru-

## **1. Понятие метрологии. Физическая величина. Системы единиц физических величин**

Измерения нас окружают повсюду. Измерения составляют неотъемлемую часть любого производства, любого научного исследования. По состоянию измерительных средств можно судить о техническом уровне предприятия, о качестве выпускаемой продукции.

И поиск новых закономерностей в природе, и изучение свойств веществ, и исследования космоса и микромира опираются на точные измерения.

Так что же такое метрология? Метрология (от греч. μέτρον — мера, + др.-греч. λόγος — мысль, причина) — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

О точности мы с вами вели разговор, когда изучали «Стандартизацию».

Трудно переоценить роль и значение метрологии – науки о мерах, о единстве и точности измерений.

История мер – это история цивилизации. Уже у первобытного человека, изготавливавшего простейшие орудия и посуду, возникла потребность в мерах.

Самыми первыми мерами длины служили части тела человека, что было удобно – меры всегда были «под рукой». Этот период истории мер продолжался вплоть до конца XVIII века.

В древнем Египте, Греции, Вавилонии длину мерили локтями:

Египетский локоть составлял 0,45 м, греческий – 0,51 м, Вавилонский – 0,54 м.

Длина сустава большого пальца (дюйм) палец, ладонь тоже служили единицами длины.

1 локоть = 6 ладоней = 24 пальца.

На Руси для измерения длины пользовались пядями и саженьями – косой и маховой.

А король Англии Генрих I установил меру «ярд» - расстояние от кончика его носа до конца среднего пальца вытянутой руки. Позднее был изготовлен пруток длиной в 1 ярд (0,9 м).

В средние века единицей длины служил шток – длина ступней 16 человек, выходивших от заутрени в воскресенье. 1/16 этой цепочки составляла фут (ступня).

Фут английский – 0,305 м; фут испанский – 0,278 м; фут французский – 0,325 м.

Однако все эти меры не годились для определения больших расстояний. Их мерили полетом стрелы, переходами. Индейцы говорили «едешь 20 снов», т.е. 20 суток.

Места для соревнований размечались стадиями (отсюда слово стадион). Стадий – это расстояние, пройденное человеком за время от появления первого луча Солнца до момента, когда весь солнечный диск окажется над горизонтом.

Стадий египетский – 174,5 м,  
стадий греческий (олимпийский) – 192 м; стадий римский – 185 м;  
стадий вавилонский – 194 м.

Были и очень забавные меры. В Сибири путь измеряли буками. Бука – это расстояние, на котором человек перестает видеть отдельно рога быка.

Балтийские моряки говорили, что до берега, например, осталось три трубки ходу. Трубка – это расстояние, пройденное судном за время, пока моряк курит трубку, не вынимая ее изо рта.

Интересен факт, что в Египте существовали локти царские и народные. Владелец получал плату большей мерой (царскими локтями), а платил меньшей (народными локтями).

Локоть царский – 0,525 м; локоть народный – 0,450 м.

Аналогичные факты наблюдались и в России: сохранились жалобы на уменьшенные меры. Какой народ и когда ввел в употребление весы, мы не знаем. До нас дошли изображения весов в памятниках Египта, Греции, Вавилонии II-I тысячелетий до нашей эры.

Люди заметили, что масса одного зерна практически постоянна, и приняли ее за единицу массы.

Мера массы драгоценных камней – карат (0,2 г). Это масса семени боба.

Долго называлась граном, т.е. зерном, единица аптекарской массы.

Появление гирь связано с интенсивным развитием обмена продуктами и с необходимостью в измерении масс самых разнообразных веществ.

Исконно русской мерой массы была гривна (0,409 кг), переименованная затем в фунт, равный 96 золотникам (1 золотник = 0,0043 кг).

К началу XX века в России сложилась следующая система мер:

1 ласт = 72 пуда;

1 пуд = 40 фунтов (гривен);

1 фунт = 32 лота = 96 золотников;

1 золотник = 96 долей.

Единицы времени известны очень давно. Наблюдая за периодичностью смены сезонов, дня и ночи, еще древние вавилоняне ввели год и сутки.

Затем они разделили сутки на 24 часа, час на 60 минут и 3600 секунд. Секунда определена как  $1/86400$  часть суток. Этими единицами мы пользуемся и сейчас.

Для измерения времени пользовались часами самой разнообразной конструкции (солнечные часы, песочные часы, с колокольным боем и др.).

Как и в любой науке в метрологии есть свои предметы, объекты, цели и задачи.

Появление гирь связано с интенсивным развитием обмена продуктами и с необходимостью в измерении масс самых разнообразных веществ.

Исконно русской мерой массы была гривна (0,409 кг), переименованная затем в фунт, равный 96 золотникам (1 золотник = 0,0043 кг).

К началу XX века в России сложилась следующая система мер:

1 ласт = 72 пуда;

1 пуд = 40 фунтов (гривен);

1 фунт = 32 лота = 96 золотников;

1 золотник = 96 долей.

Единицы времени известны очень давно. Наблюдая за периодичностью смены сезонов, дня и ночи, еще древние вавилоняне ввели год и сутки.

Затем они разделили сутки на 24 часа, час на 60 минут и 3600 секунд. Секунда определена как  $1/86400$  часть суток. Этими единицами мы пользуемся и сейчас.

Для измерения времени пользовались часами самой разнообразной конструкции (солнечные часы, песочные часы, с колокольным боем и др.).

Как и в любой науке в метрологии есть свои предметы, объекты, цели и задачи.

Объектом исследования является – явление или предмет, существующий в материальном мире независимо от сознания человека, и на которое направлено его познание или деятельность. Проще говоря, объект – это та часть всего научного познания, с которой работает исследователь.

Предмет исследования – это отдельное свойство объекта, вопрос или проблема, находящаяся в его рамках. Любая научная работа не может охватывать весь объект для изучения. Поэтому необходимо выделить конкретную сторону, на которую будет направлена деятельность исследователя.

Предмет метрологии – извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

Объекты метрологии – физические величины, их единицы, средства измерений, эталоны, методики выполнения измерений.

Измерение — совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой всеми участниками за единицу, хранящуюся в техническом средстве (средстве измерений).

На картинке измеряемой величиной является высота белого столбика, техническим средством служит линейка, на которой хранится единица (мм, см, дц, м) величины.



Величина - это свойство чего-либо, что может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно (масса, скорость, длина, ширина, высота и т.д.)

В старину для определения единицы длины люди нередко использовали части своего тела, длину своих шагов и другие величины, которые всегда были под рукой.

Локоть – это длина руки от локтевого сгиба до кончика среднего пальца. (48 см) Пядь – расстояние между растянутыми большим и указательным пальцами. (19 см).

Прямая сажень-расстояние между кончиками пальцев, вытянутых в стороны рук (176 см). Эта старинная мера длины упоминается Нестором в 1017г. Наименование сажень происходит от глагола *саять* - дотягиваться рукой.

Косая сажень – расстояние между пальцами вытянутой левой руки и носком отставленной правой ноги. (216 см).

Так зачем же нужна метрология? Каковы ее цели?

Целями метрологии являются:

- повышение качества продукции через повышение эффективности производства, уровня механизации и автоматизации производственных процессов;

- учет выпускаемой продукции и материальных ресурсов;

- повышение эффективности НИР, опытно-конструкторских работ;

- повышение эффективности международного сотрудничества

Чтобы достичь этих целей, нужно использовать разные способы, которые называются задачами метрологии:

- установление единиц физических величин, государственных эталонов и образцовых средств измерений;

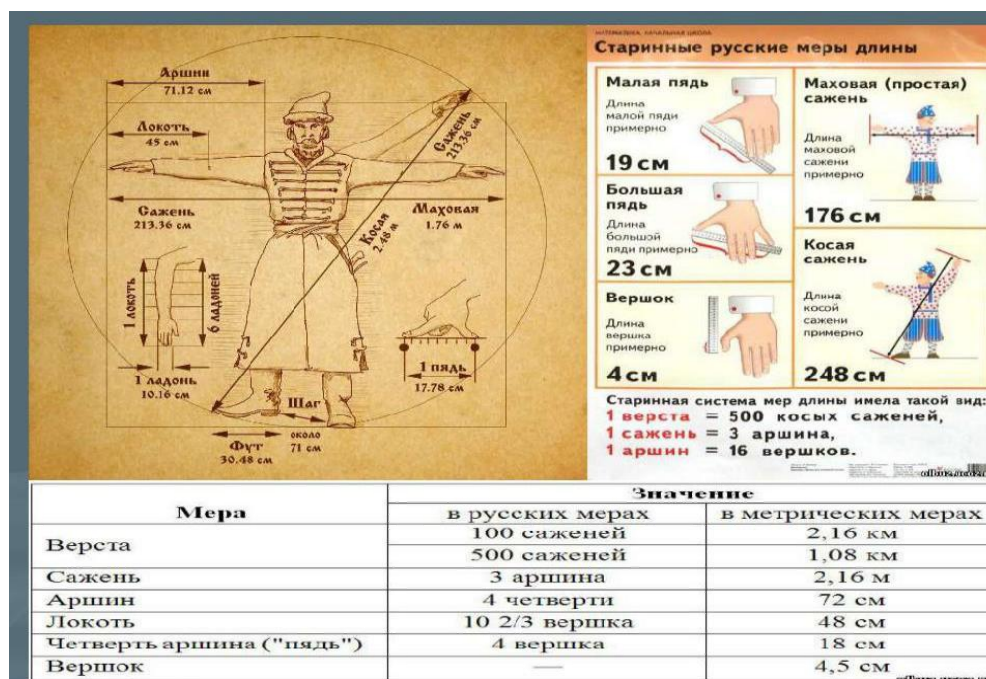
- разработка теории, методов, средств измерений и контроля;

- обеспечение единства измерений.

Сформировались и развиваются три взаимосвязанных раздела метрологии:

теоретическая, законодательная и прикладная метрология.

Теоретическая метрология - являясь базой измерительной техники, занимается изучением проблем измерений в целом и образующих измерение элементов: средств измерений, физических величин и их единиц, методов и методик измерений, результатов и погрешностей измерений и др.



Законодательная метрология – разрабатывает и внедряет нормы и правила выполнения измерений, устанавливает требования, направленные на достижение единства измерений, порядок разработки и испытаний средств измерений, устанавливает термины и определения в области метрологии, единицы физических величин и правила их применения.

Прикладная (практическая) метрология - освещает вопросы практического применения разработок теоретической и положений законодательной метрологии. И именно с ее помощью осуществляется метрологическое обеспечение производства.

Памятники старины говорят не только о существовании мер, но и о попытках надзора за их правильностью. На коленях статуи вавилонского царя Гудеа (2000 лет до н.э.) линейка в  $\frac{1}{2}$  царского локтя – как образец меры.

На Руси упорядочение мер началось в X веке. Это было вызвано потребностью внутреннего и внешнего рынков.

Исторические документы свидетельствуют об оживленных торговых связях Руси с Западом (Византия, Рим и др.) и Востоком (Средняя Азия, Персия и др.). А в XVII веке царь Федор Алексеевич ввел регулярную проверку мер, которые затем клеймились «орленой печатью». Применение «неорленых мер» запрещалось под страхом смертной казни.

В 1725 году вышел специальный указ Петра I о мерах, но, тем не менее, в торговле повсеместно царило обвешивание, обмеривание и

полнейшая неразбериха. Предлагалось «в тех местах, где настоящих гирь не имеется, употреблять пушечные ядра, в которых в крепостях довольно есть»

Наиболее полным был указ 1797 года «Об учреждении повсеместно в Российской империи верных весов, питейных и хлебных мер и весов», который узаконил набор гирь в 1, 3, 9 и 27 фунтов.

В 1842 году в России была организована государственная служба мер и весов, начало работать первое метрологическое учреждение.

С 1892 года его возглавил Д.И.Менделеев. Он произвел полную перестройку метрологического дела в России, наладил надзор за имеющимися в обращении мерами.

Метрическая система.

К концу XVIII века в каждой стране сложилась своя система мер. Это очень затрудняло торговые, культурные связи. Миру нужна была единая система мер. Она родилась в революционной Франции.

На заседании комиссии парижской Академии наук в основу метрической системы было решено положить природные единицы:

метр –  $1/40\,000\,000$  земного меридиана;

килограмм – масса кубического дециметра чистой воды при  $4^{\circ}\text{C}$ .

Многообразие отдельных единиц (силу, например, можно было выразить в кг, фунтах, лошадиных силах и др.) и систем единиц создавало большие трудности во всемирном обмене научными и экономическими достижениями. Поэтому еще в 19 веке отмечалась необходимость в создании единой международной системы, которая бы включала в себя и единицы измерений величин, используемых во всех разделах физики. Однако соглашение о введении такой системы было принято только в 1960 году.

Международная система единиц – это правильно построенная и взаимосвязанная совокупность физических величин. Она была принята в октябре 1960 года на 11 генеральной конференции по мерам и весам. Сокращенное название системы – SI. В русской транскрипции – СИ. (система интернациональная).

В СССР в 1961 году был введен в действие ГОСТ 9867-61, которым устанавливается предпочтительное применение этой системы во всех областях науки, техники, и преподавания. В настоящее время действующим является ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы физических величин». Этот стандарт устанавливает единицы физических величин, их наименования,

обозначения и правила применения. Он разработан в полном соответствии с системой СИ и с СТ СЭВ 1052-78.

Вы все хорошо знакомы с этой системой. По этой системе предусмотрено семь основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела и моль) и две дополнительные (для плоского угла радиан и для телесного угла - стерadian). Все остальные физические величины могут быть получены как производные от основных.

Кроме единиц СИ допускается применение дольных и кратных единиц, получаемых умножением исходных величин на  $10^n$ , где  $n = 18, 15, 12, \dots -12, -15, -18$ .

Наименование кратных и дольных единиц образуется присоединением соответствующих десятичных приставок:

экса (Э) =  $10^{18}$ ; пета (П) =  $10^{15}$ ; тера (Т) =  $10^{12}$ ; гига (Г) =  $10^9$ ; мега (М) =  $10^6$ ; кило (к) =  $10^3$ ; гекто (г) =  $10^2$ ; дека (да) = 10; деци (д) =  $10^{-1}$ ; санти (с) =  $10^{-2}$ ; милли (м) =  $10^{-3}$ ; микро (мк) =  $10^{-6}$ ; нано (н) =  $10^{-9}$ ; пико (п) =  $10^{-12}$ ; фемто (ф) =  $10^{-15}$ ; атто (а) =  $10^{-18}$ ;

ГОСТ 8.417-81 разрешает использовать кроме указанных единиц ряд внесистемных единиц (тонна, сутки, час, минута, год, литр, световой год, вольт-ампер), а также единицы, временно разрешенные к применению до принятия соответствующих международных решений (морская миля, карат, узел, об/мин).

Для того чтобы люди могли пользоваться различными измерительными приборами, необходимо существование эталонов, по которым бы проводилось воспроизведение той величины, которую они содержат и передавалась бы она на измерительные инструменты и приборы.

Государственная эталонная база России содержит 133 государственных первичных эталона, из которых 7 воспроизводят основные единицы международной системы единиц (СИ). Хранителями первичных эталонов являются государственные научные метрологические институты. Хранятся в Санкт-Петербурге во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева: эталон единицы длины (метра); эталон единицы массы (килограмма); эталон единицы силы постоянного электрического тока (ампера); эталон единицы температуры (кельвина). А что называется эталоном?

Эталон единицы физической величины - средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы, а также передачу её размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

