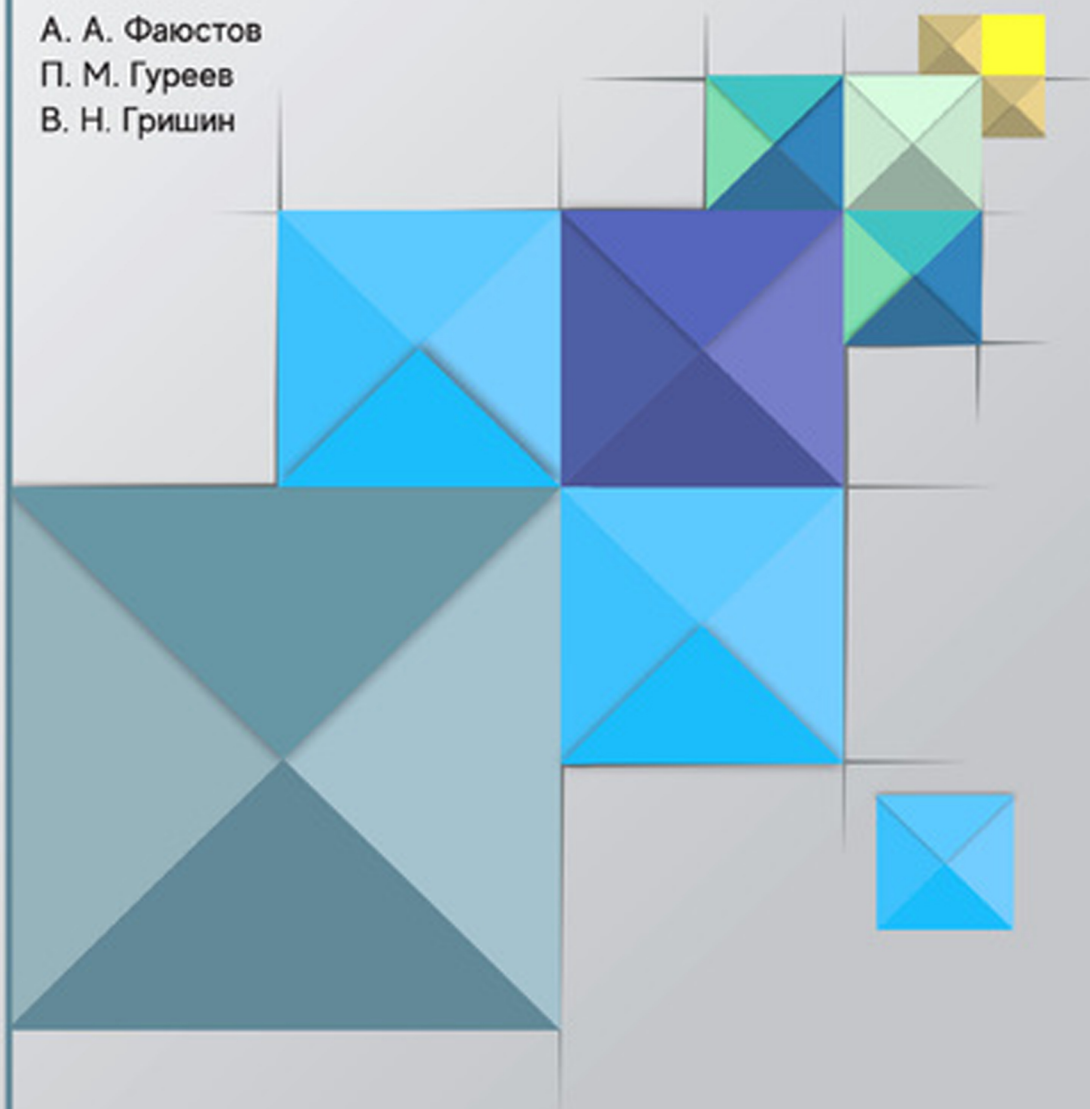


А. А. Фаюстов
П. М. Гуреев
В. Н. Гришин



МЕТРОЛОГИЯ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. СЕРТИФИКАЦИЯ. КАЧЕСТВО

УДК 006 (075.8)
ББК 30.10я73-1
Ф30

Рецензенты:

зав. кафедрой управления организацией ГОУ ВО МО «Московский
государственный областной университет»
канд. экон. наук, доц. *Т. И. Власова*;
доцент кафедры физики ФГБОУ ВО «Московский
государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)» лауреат
Государственной премии СССР,
канд. техн. наук, доц. *А. С. Чув*

Фаюстов, А. А.

Ф30 Метрология. Стандартизация. Сертификация. Качество :
учебник / А. А. Фаюстов, П. М. Гуреев, В. Н. Гришин. —
Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 504 с.: ил.,
табл.

ISBN 978-5-9729-0447-1

Рассмотрены основы законодательной, фундаментальной и практической метрологии, общие положения стандартизации, правовая база и методы сертификации, принципы менеджмента качества товаров (продукции, работ, услуг). Предложены тесты для самопроверки и глоссарий.

Для студентов высших учебных заведений экономических и управленческих специальностей. Учебник может быть также использован в системе повышения квалификации преподавателей и работников высшего и среднего звена организаций и предприятий различных форм собственности.

УДК 006 (075.8)
ББК 30.10я73-1

ISBN 978-5-9729-0447-1

© Фаюстов А. А., Гуреев П. М., Гришин В. Н., 2020
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

Раздел I. Метрология

Глава 1. Общие сведения о метрологии

1.1. Общие сведения

Предметом метрологии является извлечение количественной информации с помощью средств измерений о свойствах объектов и процессов, т.е. измерение свойств объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

МЕТРОЛОГИЯ
! (от греч. *metron* – мера, *logos* – учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения заданного уровня точности



Рисунок 1.1 – Составляющие современной метрологии

Результаты измерений выражают в узаконенных величинах.

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА МЕТРОЛОГИИ
! обеспечение единства измерений путем установления единиц физических величин, государственных эталонов и эталонных (образцовых) средств измерений, обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений, разработка методов оценки погрешности средств измерений, контроля и испытаний, а также системы передачи размеров единиц от эталонов, эталонных (образцовых) средств измерений рабочим средствам измерений

Основная задача метрологии может быть решена при соблюдении двух основополагающих условий:

1. Выражение результатов измерений в единых узаконенных единицах.
2. Установление допускаемых погрешностей результатов измерений — пределов, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.

Обеспечение единства измерений невозможно без установления единых правил, требований и норм, применяемых на всех этапах метрологического обеспечения. До последнего времени в нашей стране они устанавливались особым видом документов — **государственными стандартами (ГОСТ)**. В настоящее время в этих целях используются **Межгосударственные стандарты (ГОСТ)** и **Национальные (государственные) стандарты (ГОСТ Р)**.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ (ГОСТ)

- ! региональный стандарт, принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации СНГ.¹
- На территории Евразийского экономического союза межгосударственные стандарты применяются добровольно²

НАЦИОНАЛЬНЫЙ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ) СТАНДАРТ

- ! стандарт, принятый органом по стандартизации государства — члена в Евразийского экономического союза³ (В РФ — ГОСТ Р)

Единицы измерений в России установлены ГОСТ 8.417–2002 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин», разработанным на основе международных рекомендаций и введенным в действие в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2003 г.⁴ Эти единицы хранятся и воспроизводятся средствами измерений. Наиболее точные средства измерений получили название эталонных, или образцовых.

ЭТАЛОНЫ

- ! сохраняющие и воспроизводящие единицы измерений с наивысшей точностью, называются государственными первичными и официально утверждаются в качестве исходных для страны

¹ Приложение № 9 к Договору о Евразийском экономическом союзе Протокол о техническом регулировании в рамках Евразийского экономического союза, п. 2.

² Договор о Евразийском экономическом союзе, ст. 51, п. 1.

³ Закон «О техническом регулировании» Статья 2. Основные понятия.

⁴ Постановление Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 4 февраля 2003 г. № 38-ст; межгосударственный стандарт ГОСТ 8.417-2002 введен в действие в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2003 г.

Единство измерений поддерживают путем передачи единицы величины от исходного эталона к рабочим средствам измерений, осуществляемой по ступенькам с помощью рабочих эталонов и эталонных (образцовых) средств измерений. Точность указанных мер понижается от ступеньки к ступеньке, как правило, в 2–4 раза.



СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

применяемые при измерениях технические средства, имеющие нормированные метрологические свойства

Средства измерений (СИ) в соответствии с поверочной схемой периодически подвергаются поверке, которая заключается в определении метрологическим органом погрешности средств измерений $\Delta_{СИ}$ и установлении его пригодности к применению при условии, что эта погрешность не превысила допустимую.

Работы по обеспечению единства измерений проводят специализированные организации, специальные службы организаций, а также частные лица. Сеть метрологических органов называется метрологической службой (см. рис. 1.2).



МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА (МС)

служба, создаваемая в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора

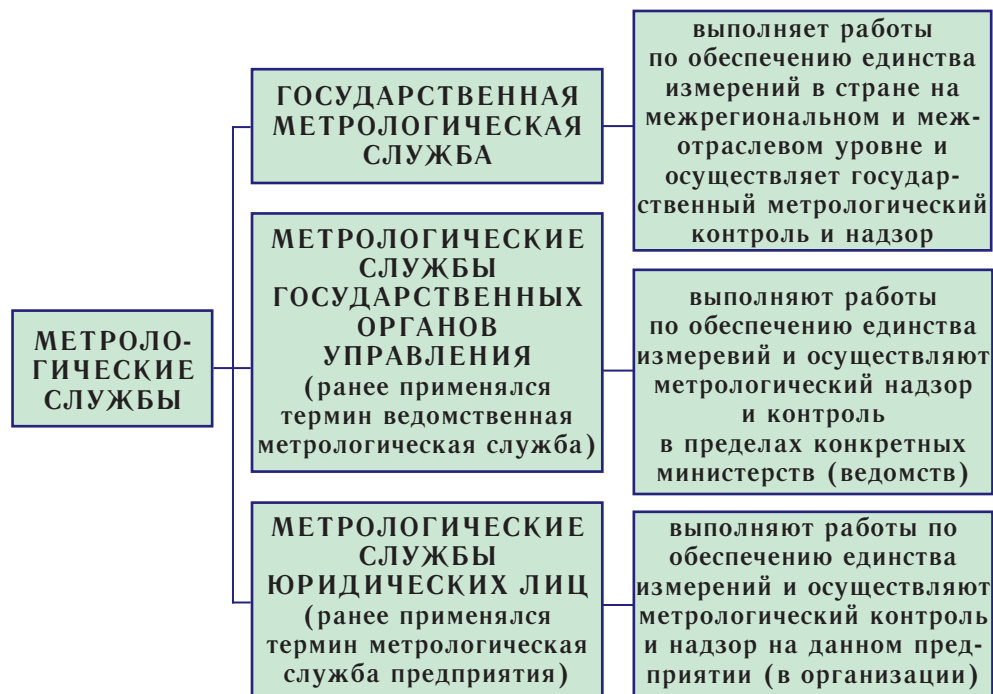


Рисунок 1.2 – Структура метрологических служб

Деятельность метрологических органов направлена на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений путем проведения поверки, ревизии и экспертизы средств измерений.

Все измерения, проводимые в стране, должны выполняться с помощью средств измерений, прошедших специальные испытания, называемые испытаниями на соответствие типу, и внесенных в специальный Государственный реестр средств измерений.

Описанная выше совокупность нормативно-правовых документов, метрологических органов и технических средств получила название **Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ)**, организационные основы которой подробно излагаются в главе 8.

1.2. Метрология, ее историческое развитие, предмет, цели и задачи

В наиболее упрощенном представлении метрология — это наука об измерениях.

ИЗМЕРЕНИЕ



один из самых древних видов человеческой деятельности, заключающийся в нахождении истинного значения физической величины опытным путём с использованием специальных технологических устройств, имеющих нормированные характеристики

Происхождение измерений относится к истокам возникновения материальной культуры, когда человек учился изготавливать орудия труда, пользоваться ими и воздействовать в нужных ему целях на окружающую среду. Первыми измерениями, очевидно, были измерения времени (или его определение), необходимые для правильного распределения рабочего времени в течение дня, и измерения площадей и расстояний, связанных с участками обрабатываемой земли, пастбищами, местами охоты. С появлением и развитием товарообмена становились необходимыми измерения количества произведенных товаров — их объема, массы и т. д. В то время измерения производились с целью определить, какая из имеющихся в распоряжении владельца величин больше или меньше. На первом этапе не ставился вопрос, насколько больше (или меньше) или во сколько раз больше (или меньше). Подобные измерения могли производиться на глаз, на мышечное усилие, на продолжительность ходьбы. На этом этапе человек сопоставлял и сравнивал наблюдаемые им предметы и величины с размерами собственного тела и его частей, с природными явлениями, с другими предметами, имевшими большое распространение и потому доступными для проведения измерений. Так возникли и получили большее или меньшее распространение такие единицы измерений, как длина шага, пальца, сустава большого пальца (дюйм

на голландском языке — большой палец), ступни (фут), локтя (аршин, арш — локоть на персидском языке), ширина ладони, горсть, охапка и т.п. Ярким примером подобных единиц измерения может служить древнееврейская система:

- палец (ивр. אַצְבָּע, эцба) — ширина среднего пальца, около 2 см;
- ладонь (ивр. כַּפָּ, тефах) — ширина 4 сомкнутых пальцев, около 8 см;
- пядь (ивр. לַרְז, зерет) — расстояние между концами максимально раздвинутых большого пальца и мизинца, равно приблизительно 3 ладоням, около 24 см;
- локоть (ивр. אַמָּא, ама) — 6 ладоней, около 50 см;
- стадиум (ивр. סִינ, рис) — 1600 ладоней, около 150 м;
- миля (ивр. לֵימ, миль) — 2000 локтей, около 1 км;
- дерех иом (дневной переход) — 45 миль, около 44 км.

Пример русских мер длины показан на рис. 1.3.

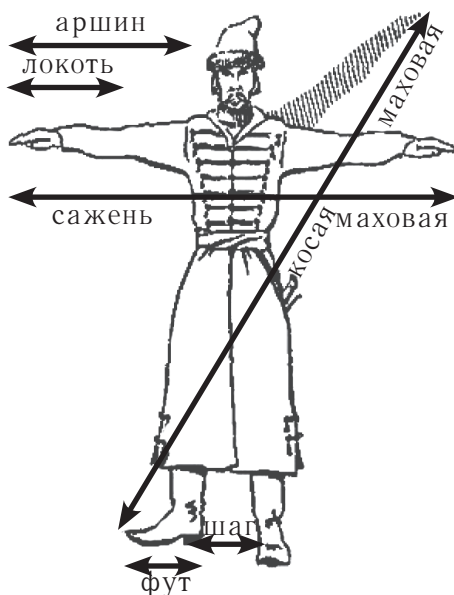


Рисунок 1.3 — Русские меры длины

В зависимости от рода деятельности для измерения одних и тех же величин использовались различные меры. Например, для измерения расстояния использовались: бычий рев — расстояние, на котором человек может услышать рев быка; выстрел из лука — расстояние, на которое летит выпущенная стрела; ружейный или пушечный выстрел — дальность боя ружья или пушки; день пути — расстояние, проходимое человеком за один день, и т.д. Меры различались и по территории-

ально-национальному признаку. Например, для измерения площадей использовались: югер (лат. *jugerum*) — площадь, которую вспахивал человек за 1 день на быке; морген (нем. *morgen*) — площадь, вспаханная за утро; колодец — площадь, которую можно полить из одного колодца (единица древнего Вавилона), и т.п.

Достоинством этих мер было то, что они всегда находились под рукой, основывались на опыте хозяйственной деятельности человека, имели большую наглядность и, самое главное, удовлетворяли в то время потребности хозяйственной деятельности человека. В дальнейшем с развитием потребности в измерениях появилась необходимость «усреднить» столь субъективные меры. Например, в одном из старинных документов длина фута была установлена как доля длины ступней 16 человек, «выходящих от заутрени в воскресенье». Позднее меры начали приобретать вещественный вид: локоть или ступня ноги — в виде бруска равной им длины; меры массы — в виде гирь той или иной формы, изготовленных из камня или металла, и т.п.

Наиболее широкое распространение измерения получали в обществах с развитой экономикой и техникой — известных цивилизациях древности: в Индии, Китае, Вавилоне, Египте (см. табл. 1.1).

Так, например, в Вавилоне было принято, что:

- сутки содержат 24 часа;
- 1 час равен 60 минутам;
- 1 минута состоит из 60 секунд.

Вавилонские меры (мера длины — локоть, меры массы — талант, мин) перешли в Грецию, Рим, а затем в Европу, где получили дальнейшее развитие. Так, меры длины локоть и аршин пришли на Русь из Вавилона и были дополнены древнерусской мерой — пядью, которая равнялась $\frac{1}{4}$ аршина и представляла собой расстояние между концами большого и указательного пальцев взрослого человека. Позднее (в XVIII в.) в России появилась мера длины — дюйм, позаимствованная в Западной Европе. Это взаимообогащение и взаимопроникновение мер, с одной стороны, вызывалось, а с другой — способствовало развитию товарообмена между странами.

В целом степень развития измерений соответствовала уровню развития цивилизации, хотя науке известны поразительные примеры, объяснение которым не найдено до сих пор. Так, календарь индейцев Майя более пяти тысяч лет назад определил продолжительность солнечного года равной 365,242 суток. Уточнения, сделанные сегодня при современном уровне техники, дают расхождение в 17,28 секунды.

При последующем развитии ремесел и торговли меры стали возникать повсеместно и стихийно, хотя вплоть до XIV в. измерения в основном ограничивались измерениями времени, геометрических раз-

меров и массы. В XIV–XVI вв. начался бурный расцвет ремесел, наук, искусств, архитектуры. Вместе с развитием науки появляется необходимость в измерении разного рода вновь открытых величин. Так, в XVII в. появились барометры для измерения давления воздуха, гигрометры для определения его влажности, термометры для измерения температуры, манометры для измерения давления воды, в XVIII в. — динамометры для измерения силы, калориметры для измерения количества теплоты, начали производиться измерения некоторых световых величин. В связи с изобретением паровых машин и распространением механических двигателей возникли понятия о работе и мощности, появились единицы для их измерения: пудофут, лошадиная сила.

В середине XIX в. начали измерять электрические величины, получили дальнейшее развитие световые измерения. В конце XIX и начале XX в. были открыты новые физические явления, в связи с чем появились новые виды измерений: рентгеновское излучение, радиоактивность.

Расширение сферы действия измерений сопровождалось повышением их точности. При решении вопроса о точности измерений, будь то научный эксперимент, производство или любой другой род деятельности человека, следует всегда помнить, что чем точнее выполнено измерение, тем лучше. Повышение точности измерений в любой сфере производства автоматически приводит к повышению качества продукции, т.е. дает реальный экономический эффект. По мере развития производства требования к точности измерений постоянно растут. Когда Ползунов создавал первую паровую машину, он измерял зазоры в ней екатерининским пятакон толщиной в 6 мм. Джеймс Уатт в письме к одному из своих друзей с гордостью сообщал, что в его машине между поршнем и цилиндром «нельзя просунуть даже маленький палец», а современные прецизионные станки позволяют обрабатывать детали средних размеров с точностью до 0,2–0,3 мкм и выше. Такой допуск приблизительно в 200–250 раз меньше толщины человеческого волоса. В последние годы точность измерений в станкостроении повышалась каждые 10 лет примерно в 10 раз.

Точность измерений многих параметров технологических процессов имеет весьма высокую стоимость. Например, погрешность измерения теплоты, образуемой при сгорании топлива на тепловых электростанциях, всего лишь в 0,3 % эквивалентна потере почти 600 тыс. т нефти, 270 млн м³ природного газа, 1 600 000 т угля в стране в год. Из-за отсутствия на железных дорогах автоматических весов для взвешивания вагонов на ходу приходится расцеплять и сцеплять вагоны, совершать маневровые работы. На взвешивание подвижного состава затрачивается в год до 60 000 000 вагоно-часов и около

3 000 000 локомотиво-часов. Ежедневно на транспорте производится 170 000 взвешиваний. Кроме того, повышение точности измерений в таких областях, как здравоохранение, охрана труда, экология, социология и др., дает эффект, который часто не поддается денежному выражению.

В настоящее время измерения пронизывают все стороны жизни человека: его быт и производственную деятельность. Современный мир — мир, основанный на информации, заметную часть которой, а особенно в таких областях, как материальное производство, наука, транспорт, торговля и др., представляет собой измерительная информация, получаемая на основе применения специальных устройств, называемых *средствами измерений*. Потребность в информации потребовала создания огромного количества средств измерений, применяемых в самых различных условиях. Только в России используются порядка 1,5 млрд средств измерений. Поэтому во многом нашу действительность определяют состояние и качество развернутой системы измерений и получаемой с ее помощью информации. Причем к качеству измерений, их скорости, форме представления результатов предъявляются все более высокие требования. Необычайно увеличивается число измеряемых величин, расширяются диапазоны измерений, повышается точность получаемых результатов. Так, достигнутый диапазон измерений линейных размеров — от 10^{-10} м до 10^{17} м, температур — от 0,5 К до 10^6 К, электрического тока — от 10^{-16} А до 10^4 А и т.д.

В современном производстве измерения играют все более и более заметную роль, поскольку оно освобождается от участия человека, технологические процессы управляются на основе измерительной информации. Например, при изготовлении авиационных двигателей выполняют более 100 тыс. различных операций, почти половина из которых — контрольные. В целом, по различным оценкам, в нашей стране производится от 50 до 200 млрд измерений ежедневно, они являются основой профессиональной деятельности более 4 млн человек, а доля затрат на их проведение достигает в некоторых отраслях 50–80 %. Затраты на измерения в России в 2004 г. составили 3,8 % от валового внутреннего продукта (ВВП), этого с точки зрения современных требований недостаточно, так как в развитых странах доля затрат на измерения достигает 9–12 % ВВП.

Уровень развития средств измерений определяет не только прогресс традиционных областей экономики и естественных наук. Измерения и методы их проведения все больше вторгаются в те сферы (социология, физиология и др.), которые до недавнего времени считались недоступными для получения измерительной информации и контроля. Создание развитой системы измерений, ее совершенствование и эффективное использование невозможны без соответствующей

щих предпосылок. Прежде всего, уровень системы измерений определяется степенью и темпами развития экономики, которые задают потребность в измерениях и создают финансовую и техническую возможность ее обеспечения. Поэтому уровень и качество измерений в стране не являются абсолютными, а соответствуют решаемым в экономике задачам и достигнутому техническому уровню. Затраты на достижение необходимого уровня велики. Так, еще в 1960-е годы в США общая стоимость используемых средств измерений в ценах того времени составляла около 50 млрд долл., а на их совершенствование ежегодно расходовалось до 8 млрд долл. [3].

Расширение сферы применения измерений требует создания все новых и новых средств измерения, базирующихся на использовании открытий и достижений науки. В свою очередь, применение средств измерений в последующих физических, химических и других исследованиях приводит к новым научным успехам. Взаимопроникновение науки и измерительной техники — основа научно-технического прогресса. Именно этим объясняется то бурное развитие работ в области измерительной техники, которое наблюдается во всем мире.

Таким образом, измерения в современном мире стали социально значимой сферой деятельности и во многом определяют уровень развития производительных сил и научно-технического прогресса. Если рассмотреть основные, магистральные направления применения средств измерений, то можно выделить сферу учета количественных показателей, сферу контроля технологических параметров, сферу определения показателей свойств и качества продукции и сферу измерения характеристик и показателей новых веществ, материалов и изделий или характеристик и показателей, определяемых на новых уровнях точности.

Как уже отмечалось выше, современный мир отличает наличие и постоянное расширение измерительной сети, т.е. огромной совокупности средств измерений, вырабатывающей и потребляющей измерительную информацию. Чтобы представить такую сеть, необходимо прежде всего ответить на вопрос, что такое средство измерения.

СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ



техническое средство (или комплекс технических средств), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным в течение известного интервала времени

Характерными особенностями средства измерения являются, таким образом, его искусственное, рукотворное происхождение, специальное предназначение, наличие установленных специальных, ме-

трологических характеристик, ограниченных (нормированных) по величине и остающихся в рамках допустимых значений неизменными в течение некоторого интервала времени. Так как в настоящее время известно достаточно большое количество физических величин, то соответственно в эксплуатации находится, как уже отмечалось выше, огромное количество средств измерений. Их совокупность получила название **технической базы измерений**.

Средства измерений, находящиеся в эксплуатации, образуют основу мировой измерительной сети. Однако любая сеть безжизненна, если отсутствуют регламенты, определяющие ее функционирование. Учитывая разнородный состав системы измерений, необходим весьма обширный свод регламентов различного уровня. Действительно, как и в любой системе, должны быть регламентированы вопросы, имеющие общий характер, и вопросы локальные, их взаимосвязь и взаимоподчиненность и т.д. Иначе говоря, учитывая специфику системы измерений, ее нормальное функционирование в международном масштабе должно обеспечиваться сводом унифицированных правил различного уровня (от законов до рекомендаций), или нормативно-правовой базой.

Нормативно-правовая база необходима для регулирования взаимоотношений между **субъектами права**. В данном случае субъектами права выступают собственники средств измерений и потребители измерительной информации, т.е. государство, предприятия различных форм собственности и физические лица. Реализация нормативно-правовой базы системы измерений невозможна без установления субъектов этой системы, их прав и обязанностей. Субъекты нормативно-правового регулирования в области выработки и потребления измерительной информации представляют собой **организационную базу**, «узлы» мировой измерительной сети.

Итак, имеется система, основанная на организационной, правовой и технической базах, задачи которой лежат в сфере учета продукции, контроля и регулирования технологических процессов, получения информации о новых веществах и материалах, повышения качества информации, расширения ее номенклатуры и т.п. Естественно, что объединяющая эту систему деятельность должна иметь общую цель — получение достоверной, т.е. не вызывающей сомнения измерительной информации.

Основным показателем достоверности измерительной информации является ее **точность**.



ТОЧНОСТЬ

степень приближения истинного значения рассматриваемого параметра процесса, вещества, предмета к его теоретическому номинальному значению

Но точность не может быть абсолютной. Различают:

- точность, достаточную для решения конкретной задачи;
- максимально достижимую точность.

В этом отношении достоверность можно понимать только в привязке к конкретной задаче. Для решения одних задач достаточной является точность невысокого уровня, в то время как для других требуется получение более точной информации. Кроме показателя точности, достоверность информации определяется возможностью и результатами ее проверки в других условиях другими людьми и на другом оборудовании. Другими словами, речь идет о воспроизводимости результатов измерений и возможности их сопоставления и использования в различных сферах, что невозможно без унификации структуры измерительной информации и методов ее получения или, как принято говорить, обеспечения единства измерений.

Все перечисленные задачи решает отрасль науки, получившая исторически название «метрология». Самое короткое историческое определение метрологии как науки об измерениях представляет собой практически дословный перевод с греческого. С точки зрения задач, стоящих перед метрологией на современном этапе, такое определение не может быть признано полным.

МЕТРОЛОГИЯ

(в современном понимании)



- **наука об измерениях, определяющая методы унификации измерений, обеспечения их единства в национальном и международном масштабах**

Задача обеспечения единства измерений не нова. Она стоит на повестке дня с того момента, когда, собственно, и начались измерения. При этом единство измерений на ранних этапах понималось как единообразие используемых мер.

В России одним из первых упоминаний о попытке ввести единую систему мер является Устав князя Владимира¹ (1113 г.) о десятинах, судах и людях церковных, в соответствии с которым вводился надзор за мерами и весами. Надзор поручался церковной власти (епископам), и устанавливалась ответственность за нарушения установленных мер. Эта система постоянно расширялась и совершенствовалась. Известны документы от 1134–1135, 1406, 1550 гг. и т.д. Интересно то обстоятельство, что установление единой системы мер поручалось церкви

¹ Свод законов и положений, внесенных князем Владимиром Всеволодовичем Мономахом в качестве дополнения «Русской Правды» (основного законодательного документа государства того времени).

проводилось параллельно с установлением единой религии, укреплением и централизацией государственной власти, развитием экономики и преодолением раздробленности страны. Характерно в этом смысле высказывание опричника Генриха Штадена о результатах правления Ивана Грозного, при котором был сделан один из решающих шагов к объединению Руси: «Нынешний великий князь достиг того, что по всей Русской земле, по всей державе — одна вера, один вес, одна мера»¹.

Функция создания и поддержания единой системы мер, весов или, говоря современным языком, обеспечения единства измерений в стране — одна из важнейших функций любого государства. В сложные моменты развития экономики, когда необходимо осуществлять ускоренную перестройку промышленности, эта функция приобретает особое значение, так как от состояния системы измерений во многом зависит решение проблемы качества продукции и интенсификации производства. Так, в СССР в период ускоренной индустриализации вопросы обеспечения единства измерений для их успешного решения были переданы в ведение Народного комиссариата внутренних дел (1936). Сегодня столь крутые меры по поддержанию единства измерений не требуются, но все же единство измерений — сфера, базирующаяся на четком установлении и соблюдении специальных метрологических норм и правил. Для решения задач по обеспечению единства измерений в России действует Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

Итак:

- **предмет метрологии** — измерения;
- **цель метрологии** — обеспечение единства измерений и получение количественной измерительной информации об окружающем нас мире с требуемой точностью.

Задачи, стоящие перед метрологией, можно разделить на две большие группы:

1. Задачи, вытекающие из необходимости совершенствования процедуры измерений.
2. Задачи, определяемые необходимостью их практического повседневного решения на достаточном и общепринятом уровне.

В соответствии с этим метрологию принято подразделять на теоретическую и практическую. В задачи **теоретической метрологии** входят вопросы совершенствования общей и прикладной теории измерений, теории построения систем единиц и шкал, их воспроизведения

¹ Каменцева Е.И., Устюгов Н.В. Русская метрология. Учебное пособие. — 2-е изд. — М.: «Высш. школа», 1975. — 321 с.

и передачи средствам измерений, теории погрешностей, принципов оптимизации системы обеспечения единства измерений и систем показателей качества продукции и т.п.

Задачи **практической метрологии** достаточно полно и ясно сформулированы в документах ГСИ. Эта система установила также методы и технологию решения задач практической метрологии.

1.3. Основные термины и определения в области метрологии

Термины и определения играют в обеспечении единства измерений важную роль, так как единство терминологии свидетельствует об одинаковом подходе и понимании задач измерительного контроля качества продукции, характеристик процессов, объектов и т.д. В связи с этим международные и национальные метрологические организации разрабатывают и внедряют с той или иной степенью обязательности использования определения основных положений метрологии (например, ВІМ–93 «Международный словарь основных и общих терминов в метрологии»; РМГ 29–99 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»). Наиболее распространенная форма документов, устанавливающих единую терминологическую и понятийную базу в области обеспечения единства измерений, – рекомендации, которые становятся обязательными при их принятии в рамках той или иной фирменной или региональной системы качества. В России термины и понятия в области обеспечения единства измерений содержатся в документах различного ранга:

- федеральных законах – например, в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений»;
- государственных (национальных) стандартах – ГОСТ Р 8.000–2000 «ГСИ. Основные положения», ГОСТ 8.567–99 «ГСИ. Измерения времени и частоты. Термины и определения», ГОСТ 20906–75 «ГСИ. Средства измерений магнитных величин. Термины и определения» и др.;
- метрологических правилах и рекомендациях – ПР 50.2.006–94 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения», РМГ 29–99 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» и др.;
- методиках и рекомендациях метрологических институтов – МИ 2365–96 «ГСИ. Шкалы измерений. Основные положения, термины и определения» и т.п.

Столь обширный перечень документов, устанавливающих терминологию и понятия в области обеспечения единства измерений, объясняется как минимум тремя причинами:

1. Большим разнообразием сфер применения измерительного контроля, затрудняющим разработку единого документа.
2. Быстрым нарастанием количества терминов и понятий в каждой сфере применения измерительного контроля.
3. Изменением структуры нормативных документов в стране в связи с реформой экономики.

Часто термины, используемые в практической деятельности метрологов, не совсем совпадают. Это несовпадение тем серьезнее, чем менее официален, «узаконен» источник информации. Поэтому в метрологической практике, как правило, при принятии какой-либо терминологической базы исходят из наличия какого-либо документа, в наибольшей степени решающего данную проблему. Естественно, что на сегодня наиболее общим и специфицированным документом в области терминов и определений в системе ГСИ является РМГ 29–99. Рассмотрим некоторые, наиболее общие и часто употребляемые термины, которые будут использованы при рассмотрении вопросов настоящей главы.

Несколько слов об измеримости вообще. Разговор на эту тему, включая критический анализ положений п. 7.6 «Управление устройствами для мониторинга и измерений» ГОСТ Р ИСО 9001–2001, был начат в [2], где внимание читателей обращалось на то, что отдельные требования п. 7.6 являются не только неопределенными, но и вводящими в заблуждение и даже ошибочными с позиции Закона РФ «Об обеспечении единства измерений» и нормативных документов ГСИ.

Основной недостаток ГОСТ Р ИСО 9001–2001 в части рассматриваемой проблемы — двоякое понимание термина «измерение». С одной стороны, измерения, согласно п. 7.6 ГОСТ Р ИСО 9001–2001, проводятся с использованием измерительного оборудования, обладающего метрологическими характеристиками. Эта позиция подтверждается положениями МС ИСО 10012:2008 и близка к содержанию термина «измерение», приведенному в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ и нормативных документах ГСИ.

ИЗМЕРЕНИЕ



совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающего нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины

С другой стороны, согласно ГОСТ Р ИСО 9000–2015:

ИЗМЕРЕНИЕ



совокупность операций для установления значения величины

В этом случае под результатом измерения можно понимать не только результат измерения, полученный с помощью измерительного оборудования, но и результат расчета по математическим формулам, и результат оценки, причем выраженный в любом виде, например в виде баллов или значений лингвистических переменных («хорошо», «отлично», «удовлетворительно», «плохо» и т.д.) [1].

Следует обратить внимание на несколько аспектов первого из приведенных определений. Во-первых, речь идет о «совокупности» операций, т.е. для проведения измерения необходимо иметь описание определенной последовательности действий, приводящих к получению результата — значения измеряемой величины. Эта совокупность представляется, как правило, в виде методики выполнения измерений (МВИ).

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ



установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом

«Гарантированная» точность обеспечивается проведением специальных процедур, входящих, как уже отмечалось выше, в сферу государственного метрологического контроля и надзора, — метрологической аттестации и метрологической экспертизы.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ МВИ



установление и подтверждение соответствия МВИ предъявляемым к ней метрологическим требованиям с целью определения возможности проведения измерений с погрешностью, не превышающей указанную в МВИ

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА МВИ



анализ и оценка правильности выбора метода и средств измерений, операций и правил проведения самих измерений и обработки их результатов

Метрологическую экспертизу и аттестацию МВИ проводят, как правило, в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ) соответствующего профиля либо в организациях, метрологические службы которых соответствующим образом аккредитованы Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Возвращаясь к определению «измерение», заметим, что в нем указывается на применение технических средств, хранящих единицу физической величины. Технические средства, применяемые для измерений, называются средствами измерений (СИ).

В этом определении представлено достаточно много признаков средства измерений. Прежде всего СИ — технические средства, т.е. части человеческого тела (локоть, например) или какие-либо организмы (например, попугаи) для целей измерений не применимы.

СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЙ



техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени

Вторая важная особенность — техническое средство должно быть предназначено для измерений. Очевидно, что технические средства, имеющие другое предназначение (утюг, например), для целей измерения применены быть также не могут, так как средство измерений в соответствии с приведенным определением должно иметь нормированные метрологические характеристики.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ



характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и на его погрешность

Конечно, каждое средство измерений имеет достаточно много свойств. Принято для каждого типа средств измерений устанавливать совокупность метрологических характеристик, которые в этом случае получают название нормированных. Метрологические характеристики средства измерений, определенные экспериментально, называются **действительными**.

Третьей отличительной чертой средства измерений является то, что это техническое устройство должно быть сконструировано таким образом, чтобы при воздействии на него соответствующей физической величины реакция СИ была пропорциональна определенному количеству единиц, установленных для этой величины. Последнее возможно, если СИ воспроизводит и хранит единицу измеряемой величины. Если рассматривать это определение применительно к шкалам измерений, то, наверное, можно говорить о том, что средство измерений хранит и воспроизводит какой-либо участок или точку шкалы. В этом случае при воздействии на СИ измеряемой величины (необязательно физической) реакция СИ должна давать однозначное сопоставление величины со шкалой или ее точкой.

Четвертая особенность рассматриваемого определения состоит в том, что для любого средства измерений его погрешность должна быть установлена.

ПОГРЕШНОСТЬ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ



разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой величины

ИСТИННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ



значение, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину

Истинное значение — идеализированное понятие, не пригодное для практических целей, так как оно может быть получено только в результате бесконечно большого числа измерений по абсолютно совершенной методике с применением абсолютно совершенного СИ. Для практических целей используется другое понятие.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ



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

Погрешность средства измерений, как правило, задается диапазоном допустимых значений для всех экземпляров СИ данного типа.

ТИП СИ



совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации

Границы этого диапазона называются пределами допускаемой погрешности СИ.

ПРЕДЕЛ ДОПУСКАЕМОЙ ПОГРЕШНОСТИ СИ



наибольшее значение погрешности средств измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа СИ, при котором оно еще признается годным к применению

Пригодность СИ к применению устанавливается проведением специальной процедуры — поверки СИ.

ПОВЕРКА СИ



установление органом метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям

При поверке устанавливается факт нахождения действительной погрешности СИ внутри пределов допускаемой погрешности. Естественно, что погрешность СИ не может оставаться неизменной во времени. Динамика ее изменения обусловлена условиями эксплуатации СИ, но все же в течение определенного промежутка времени она не превышает значений, установленных в качестве пределов. Величина этих отрезков времени устанавливается в нормативной документации и определяется как **межповерочные интервалы**, в течение которых СИ может эксплуатироваться в соответствии с назначением и приписанными ему метрологическими характери-

Оглавление

Введение	3
----------------	---

Раздел I. Метрология

Глава 1. Общие сведения о метрологии	7
1.1. Общие сведения	7
1.2. Метрология, ее историческое развитие, предмет, цели и задачи	10
1.3. Основные термины и определения в области метрологии ...	19
Глава 2. Единицы величин и шкалы измерений.	
Системы единиц и основные типы шкал измерений	26
2.1. Единицы величин и системы единиц	26
2.2. Международная система единиц (система СИ)	35
2.3. Основные правила написания обозначений единиц	43
2.4. Шкалы измерений	46
Глава 3. Практическая метрология	51
3.1. Классификация средств измерений	51
3.2. Основные элементы и погрешность средств измерений	54
3.3. Нормальные условия измерений	59
3.4. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений	60
3.5. Класс точности средств измерений	67
3.6. Изготовление, ремонт, продажа и прокат средств измерений	69
3.7. Испытания и утверждение типа средств измерений	71
Глава 4. Воспроизведение и передача размеров единиц величин и шкал измерений	74
4.1. Эталоны и установки высшей точности	74
4.2. Поверочные схемы	77
4.3. Методы передачи размера единиц величин	79
4.4. Поверка средств измерений	81
4.5. Калибровка средств измерений	89
Глава 5. Измерения	92
5.1. Результат измерения и его характеристики	92
5.2. Элементы теории вероятностей и характеристики распределения случайных величин	96

5.3.	Виды измерений. Основное уравнение измерений	107
5.4.	Общие требования к проведению измерений	111
5.5.	Методики выполнения измерений	117
Глава 6.	Обработка результатов измерений	120
6.1.	Обработка результатов прямых однократных измерений ...	120
6.2.	Обработка результатов прямых многократных измерений	127
6.3.	Обработка результатов косвенных измерений	140
Глава 7.	Основы взаимозаменяемости	147
7.1.	Общие понятия основных норм взаимозаменяемости. Понятия о допусках и посадках	147
7.2.	Стандартизация точности гладких цилиндрических соединений	153
Глава 8.	Организационные основы Государственной системы обеспечения единства измерений	160
8.1.	Государственная система обеспечения единства измерений	160
8.2.	Организационная структура Государственной метрологической службы	170
8.3.	Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ, Государственная служба времени)	180
8.4.	Государственная служба стандартных образцов и стандартизации справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГССО)	182
8.5.	Метрологические службы федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц	185
8.6.	Международные метрологические организации и обеспечение единства измерений в зарубежных странах ...	187
Контрольные вопросы и задания к разделу I «Метрология»		192
Библиографический список к разделу I «Метрология»		195

Раздел II. Стандартизация

Глава 9.	Основы общей теории стандартизации	197
9.1.	Основополагающие термины и понятия в области стандартизации	197

9.2. Состав и структура общей теории стандартизации	210
9.3. Общий состав документов, правила стандартизации и виды стандартов	214
9.4. Состав обязательных требований национальных и межгосударственных стандартов	217
Глава 10. Национальная система стандартизации в Российской Федерации	223
10.1. Общая характеристика системы и этапы ее реформирования	223
10.2. Система органов и служб национальной стандартизации	226
10.3. Характеристика национальных стандартов	240
10.4. Характеристика стандартов хозяйствующих (коммерческих) организаций	252
10.5. Межгосударственная система стандартизации (МГСС)	258
Глава 11. Международная, региональная и национальная стандартизация за рубежом	265
11.1. Международная организация по стандартизации (ИСО)	265
11.2. Международная электротехническая комиссия (МЭК)	269
11.3. Международные организации, участвующие в работах по стандартизации, метрологии и сертификации	271
11.4. Региональные организации по стандартизации, метрологии и сертификации	277
11.5. Национальные организации по стандартизации зарубежных стран	283
Глава 12. Научно-технические принципы и методы стандартизации	284
12.1. Общие сведения о стандартизации	284
12.2. Принципы, определяющие научно-техническую организацию работ по стандартизации	285
12.3. Методы стандартизации	289
12.3.1. Упорядочение, унификация и параметрическая стандартизация	289
12.3.2. Комплексная стандартизация	294
12.3.3. Опережающая стандартизация	295

Глава 13. Направления и перспективы развития стандартизации	298
13.1. Общие положения	298
13.2. Ключевые направления и перспективы развития стандартизации	301
Контрольные вопросы и задания к разделу II «Стандартизация» ...	308
Библиографический список к разделу II «Стандартизация»	313

Раздел III. Сертификация

Глава 14. Основные положения и правовые основы сертификации	315
14.1. Основные понятия, цели и объекты сертификации	315
14.2. Законодательная и нормативная база стандартизации и сертификации за рубежом	319
14.3. Состояние и развитие законодательной и нормативной базы сертификации в России	327
Глава 15. Основные положения, принципы, формы подтверждения соответствия, схемы декларирования и сертификации	331
15.1. Цели, задачи и принципы сертификации	331
15.2. Основные стадии и формы подтверждения соответствия	332
15.3. Схемы сертификации и преимущества сертифицированной продукции	344
15.4. Схемы декларирования и сертификации обязательного подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов	349
15.5. Контроль за сертифицированной продукцией	352
Глава 16. Общие положения структуры и аккредитации органов по сертификации	355
16.1. Общие положения структуры и аккредитации органов по сертификации	355
16.2. Основные положения аккредитации органов по сертификации	357
16.3. Порядок проведения работ по аккредитации органов по сертификации и испытательных (измерительных) лабораторий	360

Контрольные вопросы и задания к разделу III «Сертификация»	367
---	-----

Библиографический список к разделу III «Сертификация»	371
---	-----

Раздел IV. Качество

Глава 17. Сущность, экономическое и социальное значение качества продукции	373
---	-----

17.1. Категории качества. Определение понятия «качество продукции»	373
---	-----

17.2. Принципы, методы и средства управления качеством	377
---	-----

Глава 18. Эволюция подходов к менеджменту качества	381
--	-----

18.1. Становление и развитие менеджмента качества	381
---	-----

18.2. Взаимосвязь общего менеджмента и менеджмента качества	385
--	-----

Глава 19. Обеспечение качества продукции как основная цель деятельности в области метрологии, стандартизации и сертификации	389
---	-----

19.1. Контроль и испытания качества продукции	389
---	-----

19.2. Основные методы оценки уровня качества продукции	392
---	-----

19.3. Инструменты контроля качества	399
---	-----

19.4. Методы управления качеством продукции	412
---	-----

19.5. Стандарты серии ISO 9000	425
--------------------------------------	-----

Контрольные вопросы и задания к разделу IV «Качество»	429
---	-----

Библиографический список к разделу IV «Качество»	431
--	-----

Тестовые задания	433
------------------------	-----

Глоссарий	461
-----------------	-----

Приложение 1 – Перечень государственных первичных эталонов единиц величин	474
--	-----

Приложение 2 – Основные единицы Международной системы	486
--	-----

Приложение 3 – Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования и обозначения	487
Приложение 4 – Внесистемные единицы, допустимые к применению наравне с единицами СИ	489
Приложение 5 – Внесистемные единицы, временно допустимые к применению	491
Приложение 6 – Множители и приставки, используемые для образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц СИ	492
Приложение 7 – Форма декларации о соответствии на продукцию	493
Приложение 8 – Форма сертификата соответствия на продукцию (система сертификации ГОСТ Р)	494
Приложение 9 – Знаки соответствия стандартам некоторых стран мира	496