

А.Н. Ремизов

МЕДИЦИНСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УЧЕБНИК

4-е издание,
исправленное и переработанное



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2016

Глава 1

Введение в метрологию

Метрологией называют науку об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. В главе наряду с общими вопросами метрологии рассматриваются особенности измерений в биологии и медицине.

§ 1.1. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОНЯТИЯ МЕТРОЛОГИИ

Измерением называют нахождение значения физической величины опытным путем с помощью технических средств. Измерения позволяют установить закономерности природы и являются элементом познания окружающей нас мира.

Различают измерения прямые, при которых результат получается непосредственно из измерения самой величины (например, измерение температуры тела медицинским термометром, измерение длины предмета линейкой), и косвенные, при которых искомое значение величины находят по известной зависимости между ней и непосредственно измеряемыми величинами (например, определение массы тела при взвешивании с учетом выталкивающей силы, определение вязкости жидкости по скорости падения в ней шарика). Технические средства для производства измерений (средства измерений) могут быть разных типов. Наиболее известным читателю средством измерений является измерительный прибор, в котором измерительная информация представляется в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем (например, температура представлена в термометре длиной столбика ртути, сила тока — показанием стрелки амперметра или цифровым значением).

К средствам измерений относят также меру, которая предназначена для воспроизведения физической величины заданного размера (например, гири определенной массы).

Одно из распространенных средств измерений — измерительный преобразователь (датчик).

Он предназначен для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, об-

работки и (или) хранения (например, температура может быть представлена электрическим сигналом, см. § 15.6).

Значение физической величины, полученное при измерении, отличается от истинного. Степень приближения результатов измерения к истинному значению измеряемой величины характеризуется *точностью измерений*. Точность измерений является качественным показателем измерений.

Количественная оценка результата измерений дается не его точностью, а *погрешностью* — отклонением результатов измерений от истинного значения измеряемой величины. Чем меньше погрешность, тем выше точность измерений.

Погрешности объясняются несовершенством средства измерений, неопытностью персонала, влиянием посторонних факторов и др. Из этих причин можно выделить те, которые проявляются нерегулярно и при повторных измерениях оказывают иное количественное воздействие на результат. Такие факторы приводят к случайным погрешностям. Это случайные величины, поэтому их можно обработать, проанализировать и таким образом учесть, используя соответствующий математический аппарат: теорию вероятностей и математическую статистику (см. гл. 2 и 3).

Сведения по теории погрешностей, необходимые студентам-медикам, приведены в [1].

Одним из основных метрологических понятий являются единицы физических величин. *Единицей физической величины называют физическую величину, принятую по соглашению в качестве основы для количественной оценки соответствующей физической величины.*

Единицы физических величин в основном группируются в системы единиц. Основной является Международная система единиц (СИ). Справочный материал по единицам физических величин приведен в [2]. Не останавливаясь на этих вопросах, рассмотрим лишь относительные и логарифмические величины.

В измерительной практике достаточно широкое распространение получили относительные величины, которые являются отношением физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную. В качестве примера можно указать концентрацию раствора, относительные диэлектрическую и магнитную проницаемости, коэффициент полезного действия, относительную деформацию, коэффициент трения, вязкость крови относительно вязкости воды и т.д.

Относительная величина не имеет размерности и названия. Однако в ряде случаев относительную величину традиционно выражают со сто-

кратным или тысячекратным увеличением. При этом она уже будет иметь единицу, соответственно процент (%) или промилле (‰).

Для выражения уровня звукового давления, уровня интенсивности звука, уровня усиления электрического сигнала, выражения частотного интервала и т.п. удобнее использовать логарифм относительной величины (наиболее распространен десятичный логарифм):

$$L = \lg \frac{a_2}{a_1},$$

где a_1 и a_2 — одноименные физические величины.

Единицей логарифмической величины является бел (Б):

$$1 \text{ Б} = \lg \frac{a_2}{a_1} \text{ при } a_2 = 10 a_1,$$

если a — энергетическая величина (мощность, интенсивность, энергия и т.п.), или

$$1 \text{ Б} = 2 \lg \frac{a_2}{a_1} \text{ при } a_2 = \sqrt{10} a_1,$$

если a — силовая величина (сила, механическое напряжение, давление, напряженность электрического поля и т.п.).

Достаточно распространена доляная единица — децибел (дБ):

$$1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}.$$

§ 1.2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Измерения проводятся с использованием технических средств. Результаты измерений должны соответствовать определенной точности и быть одинаковыми, если измеряются идентичные величины независимо от того, производятся ли измерения одномоментно или в разное время, в одной лаборатории или в разных.

Для выполнения этих условий должно осуществляться соответствующее *метрологическое обеспечение* — установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Организационной основой метрологического обеспечения в нашей стране является метрологическая служба России, состоящая из государственных и ведомственных метрологических служб.

Под *единством измерений* понимают одинаковость результатов тождественных измерений независимо от места и времени их проведения, а также достоверность измерений. Единство измерений позволяет сопо-

ставлять результаты, полученные на различных однотипных средствах измерений.

Для определения погрешностей средств измерений и установления их пригодности к применению осуществляют их поверку. Этот термин специфичен для метрологии, хотя в обиходе он соответствует понятию *проверка*. Поверка проводится органами метрологической службы при помощи эталонов и образцовых средств измерений.

Эталон называют средства измерений или комплекс средств измерений, обеспечивающие воспроизведение и хранение узаконенной единицы физической величины. Первичные эталоны в нашей стране обеспечивают наивысшую точность воспроизведения данной единицы. Кроме первичного есть вторичные эталоны, от которых передается размер единицы образцовым средствам измерения. В качестве примера на рис. 27.13 показан световой эталон.

Образцовым средством измерения называется такое, которое аттестовано (аттестация — документальное подтверждение соответствия средства измерений своему назначению) в качестве образцового и применяется для поверки по нему рабочих средств измерений.

Рабочими средствами измерений называют такие, которые применяются для практических измерений в различных областях.

Таким образом, метрологическая цепочка, по которой передается размер единицы физической величины, состоит из следующих основных звеньев: эталоны—образцовые средства измерений—рабочее средство измерений.

§ 1.3. МЕДИЦИНСКАЯ МЕТРОЛОГИЯ. СПЕЦИФИКА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИИ

Технические устройства, используемые в медицине, называют обобщенным термином «*медицинская техника*». Большая часть медицинской техники относится к медицинской аппаратуре, которая, в свою очередь, подразделяется на медицинские приборы и медицинские аппараты.

Медицинским прибором принято считать техническое устройство, предназначенное для диагностических или лечебных измерений (медицинский термометр, сфигмоманометр, электрокардиограф и др.).

Медицинский аппарат — техническое устройство, позволяющее создавать энергетическое воздействие терапевтического, хирургического или бактерицидного свойства, а также обеспечивать в медицинских це-