

**КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР**

ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

С. А. Лобастов

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Учебное пособие

Саров
2018

УДК 53.08+006.91(075.8)
ББК 30.10
Л68

Рецензенты: С. И. Герасимов, д-р физ.-мат.наук, заведующий кафедрой «Специального приборостроения» СарФТИ; В. М. Бельский, канд. физ.-мат.наук, доцент кафедры «Теоретическая и экспериментальная механика» СарФТИ;

Лобастов, С. А.

Л68 Основы метрологии и методы измерения физических величин:
Учебное пособие / С. А. Лобастов. - Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
2018. – 412 с.: ил.

ISBN 978-5-9515-0406-7

В учебном пособии дано понятие информации, перечислены формы ее существования; рассмотрены физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной информации. Приведены основы построения первичных измерительных преобразователей, измерительных и информационно-измерительных систем, предназначенных для измерения электрических и неэлектрических физических величин, их обработки, индикации и хранения. Рассмотрены вопросы метрологического обеспечения при получении измерительной информации и контроле качества продукции, а также основы статистической проверки гипотез о свойствах эксперимента и теории корреляции.

Учебное пособие может быть полезным при изучении дисциплины «Физические основы получения информации» студентами высшего профессионального образования по направлению подготовки «Приборостроение» – 12.03.01.

УДК 53.08+006.91(075.8)
ББК 30.10

ISBN 978-5-9515-0406-7

© ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	6
Введение	9
Глава 1. Общие вопросы получения информации	13
1.1. Понятие и формы существования информации. Схемы получения информации об объекте измерения и виды измерений	13
1.2. Виды физических величин. Системы единиц физических величин. Эталонная база России	18
1.3. Вопросы для тестирования по главе 1	38
1.4. Список литературы	39
Глава 2. Метрологические основы получения информации	40
2.1. Общие сведения о метрологии, основные определения и термины	40
2.2. Виды погрешностей измерений. Классы точности измерительных приборов	45
2.3. Систематическая и случайная погрешности измерений. Критерий Фишера. Понятия среднего значения, дисперсии, среднеквадратичного отклонения измеряемой величины. Плотность и законы распределения вероятности. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Суммирование погрешностей	54
2.4. Грубые погрешности. Критерии 3σ , Шарлье и Диксона. Правила округления результатов измерений	92
2.5. Способы повышения точности измерений и обработки информации	95
2.6. Основы статистической проверки гипотез о свойствах эксперимента. Критерии Пирсона и Колмогорова	97
2.7. Основы теории корреляции. Понятия условного среднего и выборочного коэффициента. Уравнения регрессии. Корреляционное отношение	100
2.8. Вопросы для тестирования по главе 2	103
2.9. Список литературы	104
Глава 3. Измерительная техника как основа получения информации	105
3.1. Функциональная схема информационной системы. Понятия источника сообщения, передатчика, источника помех, приемника и потребителя сообщения	105
3.2. Структура измерительной системы. Понятия измерительного преобразователя, регистрирующей аппаратуры и способов управления, устройств индикации и хранения информации, обработки результатов измерений	106

3.3. Понятие измерения физических величин. Область и объект измерений. Классификация измерений по принципу и физическому эффекту преобразования	111
3.4. Понятие и классификация средств измерений. Планирование и организация измерений	114
3.5. Понятие и основные принципы построения аналоговых и цифровых измерительных приборов. Цифровые информационно-измерительные системы	117
3.6. Понятие измерительного механизма. Измерительные механизмы прямого действия и их основные характеристики	124
3.7. Измерительные приборы уравнивающего преобразования: мосты и компенсаторы	135
3.8. Амплитудные модуляторы и демодуляторы. Способы их применения	145
3.9. Измерительные усилители постоянного и переменного тока. Измерительные усилители с большим входным сопротивлением. Обратная связь. Операционные усилители	156
3.10. Вопросы для тестирования по главе 3	170
3.11. Список литературы	171
Глава 4. Измерение параметров электрических и магнитных величин	172
4.1. Методы измерения токов и напряжений	172
4.2. Измерение высоких напряжений и больших токов: шунты, добавочные резисторы, делители напряжений и трансформаторы; метод масштабного преобразования; электрофизические методы (газоразрядный, ускорения заряженных частиц и резонансных ядерных реакций)	177
4.3. Гальваномагнитные преобразователи на эффектах Холла и Гаусса	188
4.4. Вопросы для тестирования по главе 4	192
4.5. Список литературы	193
Глава 5. Физические явления и эффекты, используемые для измерения параметров неэлектрических величин	195
5.1. Общие сведения об измерениях неэлектрических величин. Преобразователи неэлектрических величин в электрические и их основные характеристики	195
5.2. Упругие элементы измерительных преобразователей. Особенности получения информации при исследовании быстропротекающих процессов	203
5.3. Измерение деформаций методами резистивной и рентгеноимпульсной тензометрии. Измерение перемещений резистивными, электромагнитными, емкостными, оптическими и рентгенографическими методами	209
5.4. Пьезоэлектрический, тензорезистивный, индуктивный и емкостной методы измерения параметров ускорений и скоростей ...	247

5.5. Основы измерения термодинамических параметров быстропротекающих процессов. Пьезоэлектрический, тензометрический, резистивный, термо- и магнитоупругий методы измерения параметров давлений	263
5.6. Метрологические основы измерения температуры. Механизмы передачи тепловой энергии от объекта к преобразователю. Эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона	282
5.7. Терморезистивный, термоэлектрический, пирометрический, спектрометрический, термочастотный, термометрический, термоиндикаторный (термокраски и индикаторы плавления) и тепловизионный методы измерения температуры	286
5.8. Развитие электрических измерений и становление оптоэлектроники. Свет и его основные свойства. Основные элементы схем оптических измерений. Особенности построения измерительных систем с волоконно-оптическими датчиками и перспективы их развития	325
5.9. Колебания и волны в информационно-измерительной технике. Лазерные и радиоинтерферометры	353
5.10. Ионизационные излучения. Преобразователи ионизационных излучений: ионизационная камера, газоразрядные счетчики, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы	365
5.11. Вопросы для тестирования по главе 5	379
5.12. Список литературы	383

Глава 6. Методы контроля качества продукции	390
6.1. Контроль геометрических размеров изделий	391
6.2. Определение плотности и разнородности деталей	394
6.3. Контроль дефектности внутренней структуры объектов исследований	398
6.4. Вопросы для тестирования по главе 6	400
6.5. Список литературы	401

Приложение 1. Значение функции $\Phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^X e^{-\frac{t^2}{2}} dt$	402
---	-----

Приложение 2. Закон распределения Стьюдента	403
Приложение 3. Значения критерия Пирсона	404
Приложение 4. Значения критерия Колмогорова	404
Приложение 5. Термоэлектродвижущие силы термопар	405
Приложение 6. Физические константы	406
Приложение 7. Соотношения между физическими величинами и коэффициенты перехода	407
Приложение 8. Основные реперные (постоянные) точки МПТШ-90	408
Приложение 9. Единицы SI	409