

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

**Ю. П. СИМОНЕНКОВ, О. А. ГОРЛЕНКО, Е. Г. ЯШУТИНА**

## **ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

Учебное пособие допущено УМО по университетскому политехническому образованию для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста 653800 «Стандартизация, сертификация и метрология» и направлению подготовки бакалавров и магистров 552200 «Метрология, стандартизация и сертификация».

БРЯНСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО БГТУ  
2005

ББК 30.10

УДК 531.7.08

**Симоненков, Ю. П.** Общая теория измерений: учеб. пособие/ Ю. П. Симоненков, О. А. Горленко, Е. Г. Яшутина. – Брянск: БГТУ, 2005. – 155 с.

ISBN 5-89838-168-6

Излагаются основные положения теории и практики общей теории измерений. Рассматриваются научно-методические и правовые основы общей теории измерений в соответствии с Законом Российской Федерации «Об обеспечении единства средств измерений».

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 653800 «Стандартизация, сертификация и метрология» дневной формы обучения и для подготовки бакалавров и магистров 552200 «Метрология, стандартизация и сертификация», а также может быть полезно аспирантам и специалистам по метрологии.

Табл. 5. Ил. 28. Библиогр.—16 назв.

Рецензенты: кафедра «Метрология и взаимозаменяемость» МГТУ им. Н. Э. Баумана, к.т. н., доц. П. Я. Павликов

Редактор издательства

Т. И. Королёва

Компьютерный набор

Е. Г. Яшутина

Темплан 2005 г., п.33

Подписано в печать	28.11.05.	Формат	60×84 1/16.	Бумага	офсетная
Офсетная печать	Усл. печ. л. 8,95	Уч. – изд. л. 8,95	Тираж	200 экз.	Заказ

Издательство Брянского государственного технического университета

241035, г. Брянск, бульвар им. 50-летия Октября 7, БГТУ, тел. 54-90-49

Лаборатория оперативной полиграфии БГТУ, ул. Институтская, 16

ISBN 5-89838-168-6

©Брянский государственный  
технический университет, 2005

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Общая теория измерений» и включает исторические, научные, правовые и методические основы измерений в Российской Федерации.

Подробно рассматриваются формально-логические основы измерений как процесса познания, физические шкалы, приводятся определения методов измерений, согласно РМГ 29-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения», источники возникновения погрешностей измерений, описывается обработка результатов измерений.

Учебное пособие содержит 15 глав теоретической части и примеры для практической работы. Пособие допущено УМО по университетскому политехническому образованию для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста 653800 «Стандартизация, сертификация и метрология» и направлению подготовки бакалавров и магистров 552200 «Метрология, стандартизация и сертификация»

Учебное пособие подготовлено коллективом авторов: к.т.н. Симоненковым Юрием Павловичем, д.т.н., профессором БГТУ Горленко Олегом Александровичем и ассистентом БГТУ Яшутиной Екатериной Григорьевной.

Авторы просят направлять свои отзывы, пожелания, замечания и предложения по адресу: 241035, г. Брянск, бульвар им. 50-летия Октября, д.7.

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях развития современной экономики (расширение масштабов торговли и увеличение конкуренции), а также с развитием измерительной техники (увеличением точности и достоверности измерений) метрология приобретает все большее значение.

Измерительная техника год от года усложняется, все большее значение имеет использование в ней электроники, обработка результатов измерений все чаще производится при помощи ЭВМ. Это требует от лиц, проводящих измерения, знаний основ метрологии, измерительной техники и особенно практических навыков в использовании средств измерений.

За последние годы произошли изменения в подходах к некоторым решаемым задачам, связанных с метрологией и измерительной техникой. Достаточно сильно изменилась терминология.

Измерения занимают значительное место при проектировании, производстве и эксплуатации техники. Кроме того, наблюдается стремление измерять даже то, что связано с духовным миром человека: знания, любовь, красоту...

Любое измерение можно рассматривать как сопоставление однородных величин (физических или нефизических), одна из которых является измеряемой, а другая – заранее известной мерой для нахождения значения искомой величины.

И, наконец, если попытаться объединить знания из каких-то областей человеческой деятельности, то мы неминуемо придем к измерению, сопоставлению и анализу – трем китам метрологии.

## Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ФОРМАЛЬНО–ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ КАК ПРОЦЕССА ПОЗНАНИЯ	5
Контрольные вопросы	8
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И РАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ	9
Контрольные вопросы	17
3. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	18
3.1. История развития систем единиц физических величин	18
3.2. Международная система единиц физических величин	22
3.2.1. Определение и содержание основных единиц СИ	23
3.2.2. Единицах плоского и телесного углов	24
3.2.3. Десятичные, кратные и дольные единицы	25
Контрольные вопросы	26
4. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ	27
Контрольные вопросы	29
5. МЕТОД АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ	30
Контрольные вопросы	35
6. ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ	36
6.1. Основные понятия шкал измерений	36
6.2. Виды измерительных шкал	38
6.3. Физические шкалы и неоднозначность образов действительности	44
Контрольные вопросы	46
7. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	47
7.1. Средства измерения	47
7.2. Рабочие средства измерения и эталоны	51
Контрольные вопросы	53
8. СИСТЕМА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ПЕРЕДАЧА ИХ РАЗМЕРА СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЙ	54
8.1. Поверка и калибровка средств измерений	54
8.2. Межповерочные (межкалибровочные) интервалы.	57
8.3. Поверочные схемы	59
Контрольные вопросы	62

9. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	63
Контрольные вопросы	66
10. ПОНЯТИЕ О МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЙ	67
Контрольные вопросы	69
11. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИЗМЕРЕНИЙ	70
Контрольные вопросы	75
12. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРЯЕМЫХ ВЕЛИЧИН И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	76
12.1. Модель объекта измерений	76
12.2. Статическая модель	84
12.3. Динамическая модель	85
Контрольные вопросы	88
13. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПОГРЕШНОСТЯХ ИЗМЕРЕНИЯ	89
13.1. Классификация погрешностей измерений	92
13.1.1. Классификация погрешностей измерений по форме представления	92
13.1.2. Классификация погрешностей измерений по характеру изменения результатов при повторных измерениях	99
13.1.3. Классификация погрешностей измерений по причине возникновения	103
13.1.4. Классификация погрешностей средств измерений по условиям проведения измерений	105
13.1.5. Классификация погрешностей средств измерений по характеру изменения физической величины	106
13.2. Характеристики погрешности измерений	108
13.2.1. Группы характеристик погрешностей	108
13.2.2. Формы представления характеристик погрешностей измерений	109
13.3. Анализ погрешности измерений	112
13.4. Выбор количества измерений	115
13.5. Требования к оценкам измеряемой величины	116
13.6. Законы распределения результатов и погрешностей измерений	119
13.7. Выбор закона распределения величин по результатам измерений	124
13.7.1. Критерий согласия хи-квадрат (Пирсона)	124
13.7.2. Критерий согласия А. Н. Колмогорова	128
13.8. Обнаружение грубых погрешностей измерений	129
13.9. Рекомендуемые правила по округлению результатов измерений	131
13.10. Точечные и интервальные оценки	132

13.11. Доверительное значение погрешности измерений	134
Контрольные вопросы	134
14. СУММИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	136
14.1. Суммирование погрешностей измерений, распределенных по нормальному закону	138
14.2. Суммирование погрешностей измерений, распределенных по равномерному закону	139
Контрольные вопросы	140
15. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	141
15.1. Обработка результатов прямых равноточных измерений	141
15.2. Обработка результатов неравноточных рядов измерений	143
15.3. Обработка результатов косвенных измерений	146
15.4. Обработка результатов совокупных и совместных измерений	147
Контрольные вопросы	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	151
Список использованной и рекомендуемой литературы	152