

**А. И. ФЕДОТОВ,
С. К. ЛИСИН**

Учебник
для студентов
технических вузов

МЕТРОЛОГИЯ

УЧЕБНИК

Издание третье, стереотипное



ЛАНЬ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР

2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
Роль метрологии в развитии всеобщей экономики	7
1. МЕТРОЛОГИЯ.....	9
1.1. Физические величины, размерности, измерительные шкалы, методы сравнения.....	9
1.1.1. Общепринятые характеристики измеряемых величин.....	12
1.1.2. Шкалы оцениваемых и измеряемых величин.....	15
1.1.3. Международная система единиц физических величин.....	17
1.1.4. Методы сравнения неизвестных размеров.....	21
1.1.5. Статистически зависимые измерения.....	24
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ.....	27
2.1. Виды условий измерений, теоретические и эмпирические характеристики.....	27
2.1.1. Основное уравнение измерения.....	28
2.1.2. Формы представления результата измерения.....	29
2.1.2.1. Цифровые измерительные приборы.....	29
2.1.2.2. Аналоговые измерительные приборы.....	31
2.1.3. Представление результата измерения в соответствии со второй аксиомой метрологии.....	46
2.1.4. Приближенные математические модели результатов косвенных измерений.....	48
2.2. Количественные соотношения процедур измерений. Обратная задача теории измерений.....	50
2.2.1. Градуировка шкалы отсчетного устройства.....	52
2.2.2. Определение значения измеряемой величины по результату измерения.....	55
2.2.3. Неопределенность измерений. Количественные оценки неопределенностей типа A и типа B	57
2.3. Однократное измерение.....	60
2.3.1. Идентичность априорной информации.....	60
2.3.2. Процедура анализа при однократном измерении.....	61
2.3.3. Нормирование результатов классами точности средств измерений.....	65
2.3.4. Зависимость уровня доверия P от коэффициента охвата k равномерного закона распределения вероятности.....	69
2.3.5. Внесение поправок в результаты измерений.....	73
2.3.6. Расчет параметров модели экспоненциальной формы.....	76
2.3.7. Распределение дискретной случайной величины.....	80
2.3.8. Неопределенность дискретной случайной величины.....	83
2.4. Многократное измерение.....	86
2.4.1. Модели выполнения измерительных процедур.....	86
2.4.2. Измерение с равноточным отсчетом.....	88
2.4.3. Обнаружение и исключение ошибок. Правило трех сигм.....	90

2.4.4. Проверка соответствия распределения вероятности результата измерения нормальному закону.....	93
2.4.4.1. Применение критерия К. Пирсона χ	95
2.4.4.2. Применение критериев В. Романовского	96
2.4.4.3. Вероятности сложных событий. Формула Т. Байеса	98
2.4.5. Построение доверительных интервалов.....	102
2.4.5.1. Применение составного критерия d	108
2.4.6. Доверительные интервалы решения обратной задачи теории измерений.....	112
2.4.6.1. Квантили распределения Стьюдента	114
2.4.7. Многократное измерение с неравноточными значениями отсчета	115
2.4.8. Вычисление и сравнение результатов нескольких серий измерений.....	120
2.4.8.1. Проверка равно рассеянных результатов серий измерений	120
2.4.8.2. Проверка неравно рассеянных результатов серий измерений	122
2.5. Многократные неравноточные и серийные измерения.....	123
2.5.1. Многократное неравноточное измерение	123
2.5.2. Методика выполнения измерений.....	124
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	131
3.1. Единство измерений	131
3.2. Техническая основа обеспечения единства измерений	132
3.3. Нормативно-правовая основа обеспечения единства измерений	136
3.4. Организационная основа обеспечения единства измерений.....	138
4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.....	140
4.1. Элементная структура средств и систем измерений	140
4.2. Интерполяция, аппроксимация и экстраполяция функций сигналов преобразователей	142
4.3. Определение параметров схем типа LC и RLC.....	147
5. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ.....	152
5.1. Оптимальное планирование эксперимента	152
5.2. Технические интеллектуальные системы.....	153
5.3. Технический интеллект и управление	153
5.4. Метрологическое обеспечение средств измерений.....	154
5.4.1. Поверочная схема приборов типа ШЦ	155
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	157
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	158
Приложение 1	158
Приложение 2	159
Приложение 3	159
Приложение 4	159
Приложение 5	160
ГЛОССАРИЙ.....	161
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	164
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	165