

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

В. С. Секацкий, Ю. А. Пикалов, Н. В. Мерзликина

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ

Учебное пособие

Красноярск
СФУ
2017

УДК 006.9(07)
ББК 30.10я73
С289

Р е ц е н з е н т ы:

В. А. Меновщиков, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Общеинженерные дисциплины» Красноярского государственного аграрного университета;

С. Л. Шпирко, заместитель директора по метрологии ФБУ «Красноярский ЦСМ»

Секацкий, В. С.

С289 Методы и средства измерений и контроля : учеб. пособие / В. С. Секацкий, Ю. А. Пикалов, Н. В. Мерзликина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. – 316 с.
ISBN 978-5-7638-3612-7

Рассмотрены средства измерений и контроля геометрических параметров деталей машин и механизмов, электрических и механических величин, дефектов и покрытий.

Предназначено для бакалавров направлений подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология» и 27.03.02 «Управление качеством» (укрупненная группа 27.00.00 «Управление в технических системах»), а также может быть использовано преподавателями, аспирантами, магистрантами и студентами других специальностей при изучении вопросов, связанных со средствами измерений и контроля.

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 006.9(07)
ББК 30.10я73

ISBN 978-5-7638-3612-7

© Сибирский федеральный
университет, 2017

|| ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕРЕНИЯ	5
1.1. Физические величины и их измерение.....	6
1.2. Классификация видов и методов измерений	10
1.3. Средства измерений	20
1.4. Метрологические характеристики средств измерений	26
1.5. Подготовка к измерениям.....	27
1.5.1. Анализ постановки измерительной задачи.....	28
1.5.2. Создание условий для измерения	29
1.5.3. Выбор средств измерения.....	31
1.5.4. Выбор метода измерений.....	33
1.5.5. Выбор числа измерений.....	33
1.5.6. Подготовка оператора	34
1.5.7. Апробирование средств измерений.....	35
1.6. Методики выполнения измерений.....	35
2. КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	39
2.1. Основные положения	39
2.2. Виды контроля	41
2.3. Организация технического контроля на предприятии	43
2.4. Организация различных видов контроля.....	45
2.5. Контроль деталей калибрами	48
2.5.1. Классификация калибров.....	48
2.5.2. Допуски калибров для контроля гладких цилиндрических деталей	52
3. МЕРЫ ДЛИНЫ И ПЛОСКОГО УГЛА.....	54
3.1. Штриховые меры длины	54
3.2. Плоскопараллельные концевые меры длины	57
3.3. Меры плоского угла призматические.....	60
4. СРЕДСТВА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	64
4.1. Штангенинструменты	64
4.2. Микрометрические инструменты	72
4.2.1. Микрометры.....	72
4.2.2. Микрометрические глубиномеры.....	80
4.2.3. Нутромеры микрометрические	81

5. РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ.....	85
5.1. Классификация и назначение	85
5.2. Индикаторы часового типа	85
5.3. Рычажно-зубчатые измерительные головки.....	89
5.4. Пружинные измерительные головки	91
5.5. Измерительные головки с электронным отсчетным устройством.....	93
5.6. Скобы с отсчетным устройством	94
5.7. Индикаторные нутромеры и глубиномеры.....	96
5.8. Индикаторные толщиномеры и стенкомеры	100
5.9. Индикаторные стойки и штативы	102
6. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ.....	105
6.1. Классификация и назначение.....	105
6.2. Основы оптических методов измерений	105
6.3. Оптикаторы.....	107
6.4. Вертикальный окулярный оптиметр	108
6.5. Оптические длинномеры	109
6.6. Инструментальные и универсальные микроскопы	113
6.7. Проекторы	116
6.8. Универсальные микроскопы	119
6.8.1. Общий вид микроскопа	119
6.8.2. Спиральный нониус	121
6.8.3. Осветительная головка для измерений в отраженном свете	122
6.8.4. Сменные окулярные головки	122
6.9. Пример проведения линейных и угловых измерений	125
6.10. Измерительные приспособления микроскопа УИМ	127
6.10.1. Центровая бабка с делительной головкой	127
6.10.2. Призматические бабки	127
6.10.3. Плоский стол.....	129
6.10.4. Круглый стол	130
6.10.5. Щуповая головка	130
6.10.6. Биениемер	134
6.10.7. Вертикальный длинномер	135
7. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И КОНУСОВ	138
7.1. Допуски угловых размеров	138
7.2. Методы измерения углов.....	141

7.3. Контрольные инструменты для измерения углов методом сравнения	141
7.4. Средства для измерения углов абсолютным методом	143
7.5. Тригонометрические средства измерения углов.....	148
8. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	151
8.1. Основные виды отклонений формы поверхностей.....	151
8.2. Основные виды отклонений расположения поверхностей	154
8.3. Средства для измерения отклонений формы плоских поверхностей	158
8.4. Средства для измерения отклонений формы цилиндрических поверхностей	164
9. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ.....	171
9.1. Параметры для оценки шероховатости.....	171
9.2. Способы оценки шероховатости.....	174
9.3. Определение шероховатости визуальным способом.....	174
9.4. Оптические средства измерения шероховатости	175
9.5. Щуповые приборы для измерения шероховатости.....	178
10. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ	184
10.1. Основные параметры метрических резьб	184
10.2. Комплексный контроль резьбовых изделий.....	186
10.3. Поэлементный контроль резьбы	189
11. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.....	194
11.1. Точность зубчатых колес и передач	194
11.2. Средства для проверки норм кинематической точности	198
11.3. Средства для проверки норм плавности	206
11.4. Средства для проверки норм контакта зубьев.....	210
11.5. Средства для проверки норм бокового зазора	211
12. СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ.....	214
12.1. Датчики и приборы для их регистрации.....	214
12.2. Измерение линейной и угловой скоростей	219
12.3. Измерение виброускорения	221
12.4. Измерение нескольких параметров периодической вибрации	222

13. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.....	225
13.1. Измерение напряжения	225
13.2. Измерение силы тока	228
13.3. Измерения мощности.....	228
14. СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАСС, СИЛ И МОМЕНТОВ	231
14.1. Приборы для измерения массы.....	231
14.1.1. Методы и способы взвешивания	232
14.1.2. Классификация применяемых весов и гирь	233
14.1.3. Классификация рычажных весов по конструктивным признакам.....	236
14.2. Средства для измерения сил и моментов	240
14.2.1. Общие сведения о динамометрах	241
14.2.2. Конструкции динамометров	242
15. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА.....	246
15.1. Средства для измерения давления	246
15.1.1. Основные понятия и классификация приборов для измерения давления	246
15.1.2. Жидкостные манометры	248
15.1.3. Деформационные (пружинные) манометры	250
15.1.4. Грузопоршневые манометры.....	253
15.2. Измерение расхода	254
15.3. Измерение расхода газа сужающими устройствами.....	254
16. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР.....	258
16.1. Сведения о температуре и температурных шкалах	258
16.2. Методы измерения температур в инженерном оборудовании.....	260
16.3. Измерение температуры термометрами.....	261
16.4. Термоэлектрический метод измерения температур.....	262
16.5. Термометры сопротивления	262
17. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ.....	265
18. КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННИХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ.....	273
18.1. Контроль поверхностных дефектов	273
18.2. Контроль внутренних дефектов.....	281

19. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ	286
19.1. Методы и средства измерения толщины пленок (покрытий).....	287
19.1.1. Поверка толщиномеров	290
19.1.2. Оптические методы измерения толщины пленок	290
19.1.3. Физические разрушающие методы измерения толщины пленок (покрытия)	291
19.1.4. Химические методы измерения толщины пленок (покрытия)	292
19.1.5. Весовой метод измерения толщины пленок (покрытия)	293
19.2. Методы определения толщины покрытий	294
19.2.1. Метод определения толщины непрозрачных покрытий	294
19.2.2. Метод определения толщины прозрачных лаковых покрытий	294
19.3. Методы определения твердости покрытий	295
19.4. Методы определения параметров шероховатости лакокрасочных покрытий	297
19.5. Метод определения стойкости лакокрасочных покрытий к воздействию переменных температур	299
19.6. Метод определения адгезии лакокрасочных покрытий	299
19.7. Метод определения блеска прозрачных лаковых покрытий	301
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	304
ПРИЛОЖЕНИЕ	306