



ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПИРОМЕТРАМИ

К. П. Латышенко, А. В. Фрунзе

К. П. Латышенко, А. В. Фрунзе

**ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПИРОМЕТРАМИ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 536.24
ББК 31.31
Л27

Рецензент:
профессор, доктор технических наук, профессор МИРЭА –
Российского технологического университета (г. Москва)
Битюков Владимир Ксенофонтович

Латышенко, К. П.

Л27 Измерение температуры пирометрами : учебное пособие /
К. П. Латышенко, А. В. Фрунзе. – Москва ; Вологда : Инфра-
Инженерия, 2022. – 248 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0880-6

Рассмотрена физика и схемотехника построения и функционирования современных пирометров, включающих в себя энергетические пирометры и пирометры спектрального отношения. Значительное внимание уделено современной элементной базе – микропроцессорам и микроконтроллерам, особенностям их использования в измерительной технике. Даны примеры построения узлов пирометров на элементах микропроцессорной техники. Рассмотрены вопросы метрологического обеспечения пирометрии, эталонной базы, поверочных схем, а также особенности применения и коррекции современных пирометров спектрального отношения, их преимущества перед энергетическими пирометрами.

Для студентов, обучающихся по направлениям бакалавриата, магистратуры и специалитета при изучении дисциплин «Теплофизика», «Технологические измерения», «Тепловое проектирование радиоэлектронных средств», «Метрология» и других технических и инженерно-физических направлений и специальностей.

УДК 536.24
ББК 31.31

ISBN 978-5-9729-0880-6 © Латышенко К. П., Фрунзе А. В., 2022
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Измерение температуры	5
1.1. Общие сведения о температуре.....	5
1.2. Классификация приборов для измерения температуры.....	11
1.3. Термометры расширения	13
1.4. Манометрические термометры	19
1.5. Терморезисторы.....	25
1.6. Термоэлектрические термометры.....	36
1.7. Пирометры излучения.....	50
1.8. Тепловизионный прибор.....	66
1.9. Термоиндикаторы.....	71
Глава 2. Использование микропроцессорной техники в измерительных приборах.....	74
2.1. Краткая история развития микропроцессоров и микроконтроллеров	74
2.2. Микропроцессор	78
2.3. Функции микропроцессора в измерительных приборах	85
2.4. Программное обеспечение микропроцессорных приборов.....	91
2.5. Применение микропроцессоров и микроконтроллеров в пирометрах	97
Глава 3. Метрологическое обеспечение пирометров.....	135
3.1. Краткий экскурс в историю отечественной метрологии	135
3.2. Основные понятия метрологии	138
3.3. Метрологическое обеспечение средств измерений.....	146
3.4. Первичный эталон, рабочие эталоны, поверочные схемы.....	147
3.5. Первичный эталон единицы температуры, вторичный и рабочие эталоны, поверочные схемы	150
3.6. Эталонные излучатели и пирометры	160

3.7. Понятие о прослеживаемости в современной метрологии	175
3.8. Типовая методика поверки (калибровки) пирометров.....	178
Глава 4. Энергетические пирометры	182
4.1. Излучательная способность объектов. «Серые» и «несерые» объекты	182
4.2. Принцип действия энергетического пирометра.....	184
4.3. Понятие о псевдотемпературах.....	185
4.4. Коррекция по излучательной способности. Коэффициент излучения.....	187
4.5. Зависимость коэффициента излучения от спектральной чувствительности используемого пирометра	189
4.6. Погрешности измерений температуры, обусловленные ошибочным вводом в пирометр коэффициента излучения	191
4.7. Зависимость излучательной способности от температуры измеряемого объекта	192
4.8. Определение значения коэффициента излучения для данного пирометра и данного объекта	195
4.9. Выбор энергетических пирометров, обеспечивающих минимальную погрешность при измерении температуры реальных объектов	200
4.10. Поле зрения энергетического пирометра и минимальный размер измеряемого объекта	204
4.11. Зависимость результатов измерений энергетическими пирометрами от расстояния до измеряемого объекта	207
4.12. Пример: энергетические пирометры фирмы «Термоконт»	208
4.13. Энергетические пирометры для специфических применений	214

Глава 5. Пирометры спектрального отношения	219
5.1. Принцип действия пирометра спектрального отношения	219
5.2. Особенности измерения пирометром спектрального отношения температуры «серых» объектов	220
5.3. Особенности измерения пирометром спектрального отношения температуры «несерых» объектов	221
5.4. Коррекция систематической методической погрешности, возникающей при измерении пирометрами спектрального отношения температуры «несерых» объектов	224
5.5. Измерение пирометрами спектрального отношения температуры малоразмерных объектов	227
5.6. Отсутствие влияния на результаты измерений пирометрами спектрального отношения расстояния до объекта, виньетирования объекта, защитных стекол и сеток перед объектом	229
5.7. Пример: пирометры спектрального отношения фирмы «Термоконт»	230
Список литературы	237