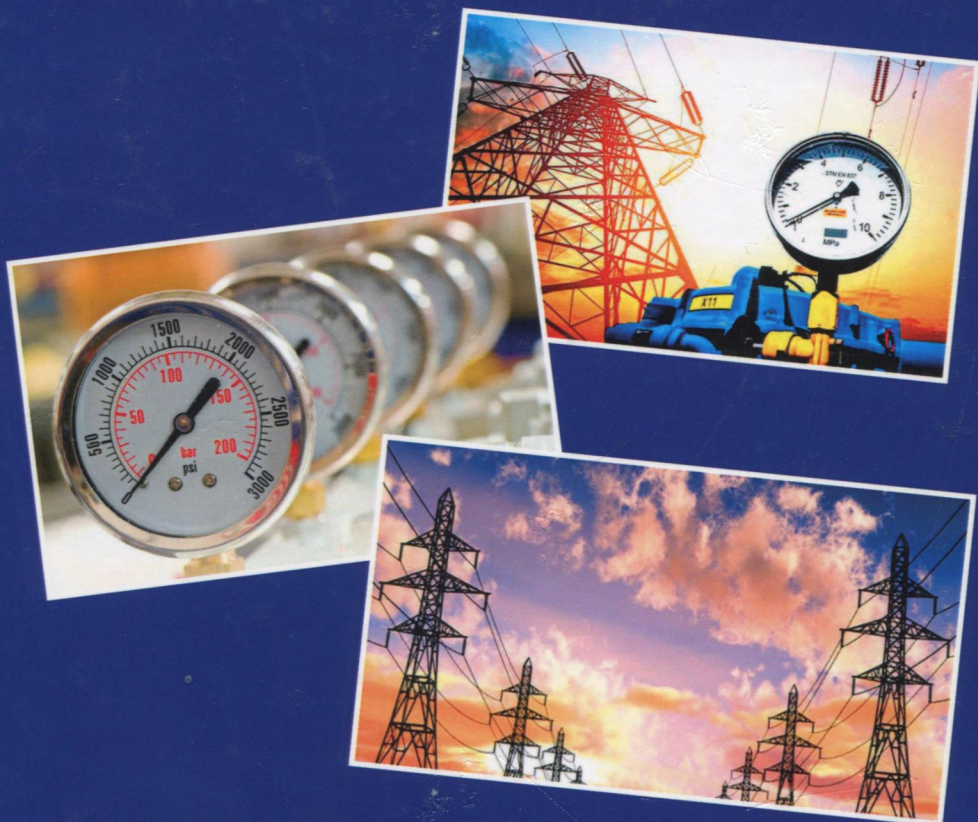


В. П. Иванников



ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В. П. Иванников

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
В ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 621.311.22:681.5

ББК 31.32

И18

Рецензент:

доктор технических наук, профессор Ижевского государственного
технического университета им. М. Т. Калашникова

Щенятский Алексей Валерьевич

Иванников, В. П.

И18 Технические измерения и автоматизация в тепло- и электроэнергетике : учебное пособие / В. П. Иванников. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 296 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-1042-7

Рассмотрены базовые понятия теоретической метрологии, принципы построения и вопросы создания измерительных систем и автоматизации измерений и управления процессами в теплоэнергетике. Приведены общие сведения о процедурах метрологического обеспечения и способах оценки погрешностей измерений. Рассмотрены принципы действия и особенности устройства современных средств измерения температуры, давления, скорости, количества и расхода жидкостей и газов, контроля уровня, состава и свойств веществ. Анализируются структурные и конструктивные особенности развития и совершенствования современных средств и систем управления сложными объектами и процессами, влияния программного обеспечения ИИС на результаты измерений.

Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника». Может быть полезно специалистам, занимающимся созданием, эксплуатацией и метрологическим обеспечением измерительных систем в теплоэнергетике.

УДК 621.311.22:681.5

ББК 31.32

ISBN 978-5-9729-1042-7

© Иванников В. П., 2022

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И КАЧЕСТВО ИЗМЕРЕНИЙ	8
I.1. Теоретические основы метрологии	8
I.1.1. Физические свойства и физические величины	10
I.1.2. Шкалы измерений	12
I.1.3. Измерение и его основные операции	17
I.1.4. Принципы, методы и средства измерений	18
I.1.5. Условия измерений	22
I.2. Классификация измерений	23
I.3. Этапы, результаты и качество измерений	27
I.3.1. Этапы измерений	27
I.3.2. Результаты измерений	29
I.3.3. Качество измерений	31
I.4. Случайные и систематические погрешности измерений	32
I.4.1. Сложение случайных и систематических погрешностей	40
I.4.2. Обработка результатов при косвенных измерениях	41
I.4.3. Запись результатов измерений. Точность расчетов	43
I.4.4. Изображение экспериментальных результатов на графиках	44
I.4.5. Проведение кривых через экспериментальные точки	46
I.4.6. Определение искомых параметров по результатам измерений	48
I.4.7. Оценка погрешностей при проведении теплотехнических измерений	52
ГЛАВА II. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	54
II.1. Измерение температуры	54
II.1.1. Температурные шкалы	54
II.1.2. Классификация средств измерения температуры	57
II.1.3. Термометры расширения	58
II.1.4. Манометрические термометры	65
II.1.5. Термоэлектрические термометры	72
II.1.6. Термопреобразователи сопротивления	79
II.1.7. Бесконтактные методы измерения температуры	90
II.2. Измерение давления	91
II.2.1. Основные понятия	91
II.2.2. Классификация средств измерения давления	95

II.2.3. Жидкостные манометры.....	99
II.2.4. Деформационные датчики давления.....	102
II.2.5. Электрические датчики давления.....	106
II.2.6. Грузопоршневой манометр.....	115
II.3. Измерение количества и расхода.....	116
II.3.1. Основные понятия, единицы измерения.....	116
II.3.2. Измерение расхода жидкости и газа.....	117
II.3.3. Расходомеры переменного перепада давления.....	124
II.3.4. Стандартные сужающие устройства.....	128
II.3.5. Расходомеры постоянного перепада давления.....	132
II.3.6. Электромагнитные расходомеры.....	133
II.3.7. Ультразвуковые расходомеры.....	137
II.3.8. Расходомеры Кориолиса.....	140
II.3.9. Вихревые и вихреакустические расходомеры.....	143
II.3.10. Калориметрические расходомеры.....	146
II.3.11. Калориметрические расходомеры.....	150
II.4. Измерение уровня.....	153
II.4.1. Основные понятия.....	153
II.4.2. Классификация приборов для измерения уровня.....	153
II.4.3. Визуальные уровнемеры.....	155
II.4.4. Поплавковые уровнемеры.....	156
II.4.5. Буйковые уровнемеры.....	157
II.4.6. Гидростатические уровнемеры.....	158
II.4.7. Электрические уровнемеры.....	163
II.4.8. Радиоизотопные уровнемеры.....	167
II.4.9. Ультразвуковые уровнемеры.....	169
II.4.10. Радарные уровнемеры.....	171
II.4.11. Волноводные уровнемеры.....	176
II.4.12. Сигнализаторы уровня.....	179

ГЛАВА III. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ.....

III.1. Структура средств автоматизации.....	189
III.2. Общие положения теории автоматического управления.....	190
III.2.1. Обобщенная схема системы управления.....	190
III.2.2. Анализ и синтез системы управления.....	195
III.2.3. Основные этапы управления сложным объектом.....	197
III.3. Основы теории автоматического управления (регулирования) объектами и процессами в те.....	205

III.3.1. Первичные приборы для измерения параметров	207
III.3.2. Структура объектов регулирования и автоматизации в теплоэнергетике	214
III.3.3. Основные свойства теплоэнергетических объектов регулирования	217
III.4. Основные законы регулирования	222
III.4.1. Интегральный закон	222
III.4.2. Пропорциональный закон	223
III.4.3. Пропорционально-интегральный закон	223
III.4.4. Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон	223
III.5. Структурная схема реализации аналоговой системы автоматического регулирования	225
III.6. Особенности реализации цифровых схем с программным обеспечением автоматического регулирования	228
III.6.1. Управление работой котла с помощью программно-технического комплекса (АСУ ТП)	229
ГЛАВА IV. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ И ПРОЦЕССАМИ	232
IV.1. Возможности использования персонального компьютера	233
IV.1.1. Вычислительные ресурсы персонального компьютера	235
IV.1.2. Информационные возможности персонального компьютера	238
IV.1.3. Профессионал-непрограммист вместо программиста-профессионала	246
IV.2. Совершенствование средств и методов управления сложными объектами или процессами	248
IV.2.1. Информационно-измерительные системы	249
IV.3. Современные измерительно-вычислительные комплексы средств автоматизации производственных предприятий	265
IV.4. Основные правила составления функциональных схем автоматизации в теплоэнергетике	271
IV.4.1. Основные понятия	272
IV.4.2. Порядок составления функциональных схем в теплоэнергетике ...	273
IV.4.3. Условное обозначение приборов и средств автоматизации в теплоэнергетике	274
ЛИТЕРАТУРА	276