

УДК 53.08
ББК 32.966
К89

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. Ю. К. Евдокимов (КНИТУ им. Туполева)

д-р техн. наук, проф. К. Х. Гильфанов (КТЭУ)

Кузьмин В. В.

К89 Современные методы и средства формирования измерительных сигналов в АСУТП : учебник / В. В. Кузьмин, Р. К. Нургалиев, А. А. Гайнуллина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 276 с.

ISBN 978-5-7882-2223-3

Рассмотрены физические принципы преобразования различных технологических параметров в стандартные сигналы связи, а также технические структуры, характеристики и области практического применения значительного числа типов и модификаций современных средств формирования измерительной информации различного формата.

Предназначен для бакалавров и магистрантов направлений подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах», 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», изучающих дисциплины «Датчики АСОИУ», «Технологические измерения и приборы», «Технические средства автоматизации и управления».

Подготовлен на кафедре систем автоматизации и управления технологическими процессами.

**УДК 53.08
ББК 32.966**

ISBN 978-5-7882-2223-3

© Кузьмин В. В., Нургалиев Р. К.,
Гайнуллина А. А., 2017

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ПРЕДИСЛОВИЕ	6
1. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ	
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ	9
2. УСТРОЙСТВА ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	
РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ СВЯЗИ	18
2.1. Преобразователи пассивного типа.....	18
2.1.1. Резистивные преобразователи.....	18
2.1.2. Емкостные преобразователи	41
2.1.3. Индуктивные преобразователи	49
2.2. Преобразователи активного типа.....	57
2.2.1. Трансформаторные преобразователи	57
2.2.2. Магнитоупругие преобразователи.....	62
2.2.3. Индукционные преобразователи	65
2.2.4. Термоэлектрические преобразователи	70
2.2.5. Пьезоэлектрические преобразователи.....	79
3. СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ	
СИГНАЛОВ О РАСХОДЕ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД....	90
3.1. Средства, основанные на методе переменного перепада	
давления (РППД)	91
3.1.1. РППД с сужающими устройствами	91
3.1.2. РППД с напорными трубками	98
3.1.3. РППД с центробежными преобразователями.....	104
3.2. Средства, основанные на использовании критического	
режима истечения рабочего тела	106
3.3. Массовые кориолисовы расходомеры.....	108
3.4. Вихревые расходомеры.....	112
3.5. Электромагнитные расходомеры	119
3.6. Акустические (ультразвуковые) расходомеры	129
4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ	142
4.1. Датчики давления со встроенными унифицированными	
передающими преобразователями	145
4.2. Датчики давления с прямым преобразованием	
деформации упругих чувствительных элементов	
в электрические сигналы	151
4.2.1. Потенциометрические (реостатные) датчики.....	151
4.2.2. Индуктивные датчики.....	151
4.2.3. Емкостные датчики	154

4.2.4. Тензорезистивный и пьезорезистивный датчики	158
4.2.5. Частотно-резонансные датчики	161
4.2.6. Оптоэлектронный датчик	165
5. СРЕДСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УРОВНЕЙ	
ЖИДКИХ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	168
5.1. Датчики на основе поплавковых и буйковых преобразователей	168
5.2. Датчики, основанные на гидростатическом методе измерения	171
5.3. Датчики на основе емкостных преобразователей	172
5.4. Датчики на основе кондуктометрических преобразователей	178
5.5. Датчики акустического (ультразвукового) типа	179
6. КОНТАКТНЫЕ И БЕСКОНТАКТНЫЕ СРЕДСТВА	
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ	187
6.1. Датчики, основанные на эффекте теплового расширения термометрических веществ	189
6.2. Датчики на основе терморезистивных преобразователей	191
6.3. Датчики на основе термоэлектрических преобразователей	197
6.4. Оптические, радиационные и цветовые пирометры	204
6.4.1. Тепловизоры	209
7. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА	
И СОСТАВА ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ	212
7.1. Средства измерения вязкости	212
7.2. Капиллярные вискозиметры	213
7.3. Вискозиметры с падающим шариком	217
7.4. Вискозиметры ротационного типа	218
7.5. Вибрационные вискозиметры	221
8. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ	
ВЕЩЕСТВ	226
8.1. Весовые (пикнометрические) и поплавковые (ареометрические) плотномеры	227
8.2. Гидростатические плотномеры	230
8.3. Газодинамические плотномеры	232
8.4. Датчики плотности вибрационного типа	235
8.5. Ультразвуковые плотномеры	242
9. ХРОМАТОГРАФИЯ	247
СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	271