

Н. И. Бражников, В. А. Беловитин,
А. И. Бражников

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ
И РЕГУЛИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

«Теплотехник»

Н. И. Бражников, В. А. Белевитин,
А. И. Бражников

**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ
И РЕГУЛИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**



**«Теплотехник»
Москва, 2008**

УДК 620.179; 621.034.4-8
Б87

Рецензенты: Кафедра «Физико-технический контроль производства»
Московского государственного горного университета,
Докт. техн. наук, проф. В.В. Родионов

Бражников Н. И., Белевитин В.А., Бражников А.И. Ультразвуковой контроль и регулирование. Технологических процессов. — М.: «Теплотехник», 2008. — 256 с.

Книга представляет собой монографию, содержащую системное изложение физико-технических основ современного ультразвукового контроля и регулирования технологических процессов (УЗКР ТП). В ней рассмотрены исследования и контроль: физических свойств веществ, скорости потока, массотеплообмена и расхода жидких и газообразных сред, концентрации и плотности пульп, бинарных и многокомпонентных растворов, состояний, уровня, давления, толщины, поверхностной плотности и качества твердых сред; управление и регулирование обработки металлов и полимеров, дозирование реагентов и других сред технологических процессов. Рассчитана на специалистов по акустике, электронике и автоматике, физике, занимающихся исследованиями и контролем твердых, жидких и газообразных сред, разработкой и применением приборов и систем автоматического контроля и регулирования технологических процессов в промышленности. Книга может быть использована инженерно-техническими работниками, студентами, аспирантами и преподавателями, специализирующимися по направлениям «Приборы и устройства контроля веществ, материалов и изделий», «Физико-технический контроль и автоматизация производственных процессов», «Техническая эксплуатация авиатехники и наземных средств» и др.

Ил. 113. Табл. 22. Библиогр. список: 432 назв.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Основные условные обозначения	8
Сокращения	8
Предприятия и организации	9
Обозначения	10
Индексы	12
Введение	13
Глава 1. Излучение и общие параметры ультразвукового поля	16
1.1. Излучение ультразвуковых колебаний	16
1.2. Общие параметры поля излучателя	21
Глава 2. Структура поля в системе УЗКР ТП	26
2.1. Концепции распределения давления в ультразвуковом поле	26
2.2. Параксиальная область поля	30
2.3. Дифракционная поправка на среднее давление и скорость распространения волны	32
2.4. Давление на акустическом цилиндре в промежуточной и дальней зонах ультразвукового поля	34
Глава 3. Исследование характеристик твердых, жидких и газообразных сред	39
3.1. Геометрические методы	39
3.2. Методы акустического импеданса	39
3.3. Методы измерения длины ультразвуковой волны	40
3.4. Фазовые методы исследования скорости ультразвука	48
3.5. Время-импульсные исследования скорости ультразвука	53
3.6. Импульсно-фазовые методы контроля скорости ультразвука	63
3.7. Частотно-импульсные методы	68
3.8. Ультразвуковое давление в поле излучения	71
3.9. Методы измерения затухания ультразвука	72
3.9.1. Методы переменного расстояния	72
3.9.2. Методы фиксированного расстояния	76
3.9.3. Интерферометрические методы	77
3.9.4. Реверберационные методы	78
Глава 4. Ультразвуковой контроль скорости потока и расхода технологических сред	80
4.1. Акустико-гидродинамические свойства бесконтактно просвечиваемого потока	82
4.1.1. Акустико-гидродинамические свойства потока	82
4.1.2. Основные схемы бесконтактных акустических преобразователей расхода	85

4.2. Двухканальные фазовые методы	87
4.2.1. Контактные методы	89
1. Расходомер газообразных сред	91
4.2.2. Методы с полубесконтактными акустическими преобразователями расхода	93
1. Расходомер РУЗ-282	93
2. Расходомер УЗР-1	96
4.2.3. Бесконтактные методы	99
1. Бесконтактный расходомер РУЗ-714	99
2. Бесконтактные экспресс-расходомеры НИАТ	103
4.3. Одноканальные фазовые методы с коммутацией направления излучения	106
4.3.1. Методы с косвенным измерением разности фаз	107
4.3.2. Методы с прямым измерением разности фаз	111
1. Метод акустической задержки на такт коммутации	111
2. Метод сфазирования опорного напряжения с тактовым сигналом	114
4.4. Бескоммутационные одноканальные фазовые методы	118
4.4.1. Двухчастотный одноканальный фазовый метод	118
4.4.2. Синхронно-фазовые одноканальные методы	119
1. Расходомеры с одно- и двукратным просвечиванием потока	119
2. Эхо-пакетный фазовый расходомер химреагентов	125
3. Синхронно-фазовый расходомер нефти УЗР-Т4	128
4. Синхронно-фазовый расходомер флотореагентов с фокусированием излучения	128
4.5. Импульсно-фазовый контроль средней скорости гидропотока	130
4.6. Время-импульсные измерения расхода сред	136
4.7. Частотно-импульсный ультразвуковой контроль расхода жидкостей	140
4.7.1. Двухканальные методы	140
4.7.2. Одноканальные методы	142

Глава 5. Автоматический ультразвуковой контроль физико-химических свойств и состояния технологических сред	144
5.1. Контроль концентрации растворов и полимеризации сред	144
5.1.1. Фазовый концентратомер УЗК-Ф	144
5.1.2. Фазовый концентратомер с модуляцией УЗК-292	145
5.1.3. Время-импульсные концентратометры УЗК-1Э и УЗК-1	145
5.1.4. Частотно-импульсный прибор ОСП-2	146
5.2. Система контроля трехкомпонентных алюминатных растворов	147
5.3. Бесконтактный контроль давления в гидросистемах	149
5.4. Спектральный метод	151
5.5. Методы “звпяющей стенки” и устройства для их реализации	153
5.5.1. Распространение ультразвуковых волн в твердой среде	153
5.5.2. Бесконтактные сигнализаторы уровня	154
5.5.3. Бесконтактный датчик уровня жидкости в закрытом гидрорезервуаре по методу эхо-импульсной реверберации	158
5.5.4. Бесконтактный эхо-импульсный концентратомер	160

Глава 6. Технологическая аэро-гидролокация	163
6.1. Эхо-импульсный локаатор горных выработок	164
6.2. Фазовый уровнемер жидкостей	165
6.3. Биэхо-локаатор движущихся объектов	167
Глава 7. Стабилизация уровня, дозирование пульпы и реагентных сред в технологических процессах	169
7.1. Стабилизация уровня технологических сред	169
7.1.1. Стабилизатор уровня и расхода твердой фазы гидропульпы	169
7.1.2. Стабилизатор уровня реагентов в электролизном производстве	171
7.2. Автоматическое дозирование реагентов и жидко-сыпучих сред	176
7.2.1. Датчик дозатора жидких химреагентов с применением ультразвуковой нормальной волны	177
7.2.2. Двухволновый ультразвуковой датчик дозирования жидко-сыпучих сред	179
Глава 8. Автоматизированный ультразвуковой контроль толщины	184
8.1. Контактные ультразвуковые методы	184
8.1.1. Эхо-импульсный высокочастотный толщиномер	184
8.1.2. Метод ультразвуковой эхо-локации без мертвой зоны	187
8.1.3. Эхо-импульсные толщиномеры без мертвой зоны	189
8.1.4. Контактный толщиномер с совмещенным аперийодическим пьезопреобразователем	192
8.2. Иммерсионные ультразвуковые методы	197
8.2.1. Иммерсионный метод ультразвукового просвечивания	198
8.2.2. Эхо-импульсный иммерсионный толщиномер	199
8.3. Методы и системы бесконтактного измерения толщины твердого слоя	201
8.3.1. Метод измерения по степени аэроакустической прозрачности	201
8.3.2. Информативная отражаемость пленок при аэролокации	204
8.3.3. Бесконтактные ультразвуковые толщиномеры	208
Глава 9. Ультразвуковой контроль и регулирование качества прессизделий, проката и поковок	210
9.1. Ультразвуковой контроль пресссутяжины в прессованных прутках из цветных металлов	210
9.2. Контроль качества кованых валов	213
9.2.1. Осевой зонный контроль эхо- и зеркально-теневым способами	214
9.2.2. Эхо-локация поковок с их цилиндрической поверхности	215
9.3. Экспресс-контроль поверхностной плотности фольги и полимеров	218
9.4. Ультразвуковой контроль структуры твердых сред	221
9.5. Ультразвуковые автоматические датчики натяжения и толщины тонколистового металлопроката	225
9.6. Ультразвуковая САРТ прокатного стана	227
Список литературы	233