

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие к русскому изданию . . . . .	3		
Предисловие . . . . .	14	а) Определение места для прокладки трубопроводов . . . . .	50
Предисловие редактора . . . . .	16	б) Контроль сборных стальных валов . . . . .	50
<b>Р а з д е л 1. Применение неразрушающих методов испытаний</b>			
1-1. Функции неразрушающих методов контроля . . . . .	19	в) Контроль труб теплообменников . . . . .	50
1-2. Гарантия качества . . . . .	23	г) Контроль герметичности кранов . . . . .	50
1-3. Экономические факторы . . . . .	24	д) Другие типичные виды применения . . . . .	51
1-4. Координация работ по неразрушающему контролю . . . . .	28	2-7. Анализ напряжений и деформаций	51
1-5. Спецификация и программа испытаний . . . . .	30	а) Контроль напряжений в процессе реконструкции здания	51
1-6. Диаграммы для выбора метода испытания . . . . .	33	б) Контроль нагружения эстакады . . . . .	52
<b>Р а з д е л 2. Контроль в полевых условиях и в процессе эксплуатации</b>			
2-1. Требования, предъявляемые к контролю в полевых условиях . . . . .	39	в) Испытание рамтележек вагонов метро . . . . .	52
а) Полевые участки . . . . .	39	г) Высокоскоростная фотосъемка . . . . .	52
б) Оборудование, применяемое в полевых условиях . . . . .	39	д) Применение метода покадровой съемки . . . . .	52
2-2. Контроль силовых агрегатов . . . . .	39	2-8. Контроль самолетного парка в процессе эксплуатации . . . . .	53
а) Конструкция . . . . .	39	а) Профилактический и текущий ремонт . . . . .	53
б) Применение радиографии при повышенных температурах . . . . .	40	б) Программа осмотра конструкции самолетов . . . . .	53
в) Эксплуатация силовых установок . . . . .	42	в) Применение неразрушающих методов контроля . . . . .	54
г) Контроль турбин . . . . .	43	г) Применение радиографии в процессе производства и ремонта . . . . .	55
2-3. Контроль нефтеперерабатывающих установок . . . . .	44	д) Меры безопасности при контроле рентгеновскими лучами	56
2-4. Контроль трубопроводов . . . . .	45	е) Контроль методом красок . . . . .	56
а) Контроль кольцевых сварных швов в полевых условиях . . . . .	45	ж) Контроль ультразвуковым резонансным методом . . . . .	56
б) Контроль трубопроводов горячей воды . . . . .	47	з) Контроль при помощи бороскопа . . . . .	56
в) Контроль паропроводов . . . . .	47	и) Люминесцентный метод дефектоскопии . . . . .	57
2-5. Контроль судов . . . . .	47	к) Контроль по магнитной проницаемости . . . . .	57
а) Применение различных методов контроля . . . . .	47	л) Контроль чистоты поверхности	58
б) Контроль сварных швов на корабле . . . . .	48	м) Магнитно-порошковая дефектоскопия . . . . .	58
в) Контроль толщины обшивки корабля . . . . .	48	н) Контроль толщины электролитического покрытия . . . . .	58
г) Контроль коленчатых и дейдунных валов . . . . .	49	о) Контроль электрической изоляции . . . . .	58
д) Контроль ахтерштевней . . . . .	49	п) Контроль методом вихревых токов . . . . .	59
2-6. Контроль на предприятиях химической промышленности . . . . .	50	р) Экономичность . . . . .	59

<b>Раздел 3. Основные принципы испытаний</b>	
3-1. Характеристика неразрушающих методов контроля . . . . .	59
3-2. Сравнение разрушающих и неразрушающих методов контроля, преимущества и недостатки . . . . .	62
3-3. Основные виды средств испытания	64
а) Классификация . . . . .	64
б) Основные элементы неразрушающих методов контроля . . . . .	64
в) Основные средства испытаний . . . . .	65
3-4. Свойства материалов, определяемые при испытаниях . . . . .	67
<b>Раздел 4. Основные методы испытаний</b>	
4-1. Испытания движением вещества . . . . .	68
а) Движение вещества, применяемого в качестве средства испытаний . . . . .	68
б) Источники средств испытаний . . . . .	68
в) Детекторы, применяемые при испытаниях движением вещества . . . . .	69
г) Промышленное применение . . . . .	71
4-2. Испытания передачей энергии . . . . .	71
а) Средства испытаний передачей энергии . . . . .	71
б) Источники средств испытаний . . . . .	73
в) Детекторы, применяемые в испытаниях передачей энергии . . . . .	74
г) Промышленное применение . . . . .	76
4-3. Испытания с одновременным движением вещества и передачей энергии . . . . .	78
<b>Раздел 5. Контроль методом проникающих жидкостей</b>	
5-1. Сущность испытаний . . . . .	87
а) Развитие метода . . . . .	87
б) Области правильного применения . . . . .	88
в) Основные принципы . . . . .	88
г) Технология . . . . .	89
д) Контроль . . . . .	89
5-2. Основные процессы испытания . . . . .	90
а) Подготовка деталей перед контролем . . . . .	90
б) Процесс с люминесцирующей водносмываемой проникающей жидкостью . . . . .	91
в) Люминесцентный процесс с последующей эмульсификацией . . . . .	93
г) Процессы с красящей проникающей жидкостью . . . . .	95
д) Процесс с применением водно-эмульгируемой красящей проникающей жидкости . . . . .	96
е) Процесс с применением водносмываемой красящей проникающей жидкости . . . . .	97
5-3. Методика контроля . . . . .	98
а) Люминесцентные методы . . . . .	98
б) Цветные методы . . . . .	98
5-4. Выбор капиллярного метода испытания . . . . .	100
а) Сравнительные преимущества и ограничения . . . . .	100
Литература . . . . .	102
<b>Раздел 6. Аппаратура для контроля методом проникающих жидкостей</b>	
6-1. Установки для контроля методом проникающих жидкостей . . . . .	102
а) Общая классификация . . . . .	102
б) Портативная аппаратура . . . . .	102
в) Стационарная аппаратура общего назначения . . . . .	103
г) Малые универсальные установки . . . . .	103
д) Многоблочные стационарные установки . . . . .	105
е) Специализированные высокообъемные установки . . . . .	106
ж) Автоматическая конвейерная установка . . . . .	107
6-2. Освещение при контроле методом проникающих жидкостей . . . . .	108
а) Источники белого света . . . . .	108
б) Использование источников ультрафиолетового света . . . . .	109
в) Эксплуатация источников (ламп) ультрафиолетового света . . . . .	111
г) Физиологические воздействия ультрафиолетового света . . . . .	112
6-3. Материалы для контроля методом проникающих жидкостей . . . . .	113
а) Основные требования к проникающим жидкостям . . . . .	113
б) Свойства жидкости . . . . .	113
в) Опасные свойства . . . . .	114
г) Визуальное восприятие . . . . .	115
6-4. Измерения яркости люминесценции . . . . .	115
а) Фильтр-фотометры . . . . .	115
б) Приготовление образца с проникающей жидкостью . . . . .	117
6-5. Контроль проникающих материалов . . . . .	118
6-6. Проявители . . . . .	120
6-7. Техническое обслуживание систем контроля, основанных на использовании проникающих жидкостей . . . . .	121
6-8. Меры предосторожности в капиллярной дефектоскопии . . . . .	124
Литература . . . . .	125
<b>Раздел 7. Индикаторные следы дефектов, выявленных проникающими жидкостями</b>	
7-1. Основные положения . . . . .	126
а) Механизм выявления . . . . .	126
б) Разновидности индикаторных следов . . . . .	127
в) Время проявления . . . . .	128
г) Воспроизводимость выявления . . . . .	128
7-2. Факторы, влияющие на выявляемость . . . . .	128
а) Применяемые проникающие жидкости . . . . .	128

б) Предшествующие процессы (предыстория детали) . . . . .	129
в) Применяемая технология . . . . .	130
7-3. Установление приемлемых стандартов . . . . .	132
а) Необходимость „стандартов“ выявляемости . . . . .	132
б) Стандарты на повторный контроль . . . . .	132
в) Требования спецификаций . . . . .	133
7-4. Трещины . . . . .	133
а) Трещины, возникающие при затвердевании . . . . .	133
б) Трещины, возникающие в процессе обработки . . . . .	133
в) Трещины, возникающие в процессе эксплуатации . . . . .	134
7-5. Тонкие плоские несплошности . . . . .	136
а) Неслитина или складка . . . . .	136
б) Заковы . . . . .	137
в) Прессовочный дефект . . . . .	137
г) Закаты . . . . .	137
7-6. Пористость . . . . .	138
а) Газовые поры . . . . .	138
б) Усадочные несплошности . . . . .	138
в) Микрорыхлота . . . . .	138
г) Пористость в керамических материалах . . . . .	138
7-7. Ложные индикаторные следы . . . . .	138
7-8. Обучение опознаванию дефектов . . . . .	139
а) Образцы дефектных деталей . . . . .	139
б) Оценка индикаторных следов . . . . .	139

### Раздел 8 Испытания фильтрующимися частицами

8-1. Основные свойства . . . . .	140
а) Область применения . . . . .	140
б) Описание метода . . . . .	140
в) Разновидности средств контроля . . . . .	140
г) Испытание керамических изделий . . . . .	141
8-2. Принципы метода . . . . .	141
а) Технология испытания . . . . .	141
б) Абсорбция жидкости . . . . .	141
в) Свойства дифференциальной абсорбции . . . . .	142
г) Классификация пористости объектов испытания . . . . .	142
8-3. Дефектоскопические материалы . . . . .	143
а) Суспендирующая среда . . . . .	143
б) Частицы . . . . .	144
в) Люминесцентное средство для контроля фильтрующимися частицами . . . . .	144
г) Нелюминесцентная контрольная среда . . . . .	145
8-4. Дефектоскопическое оборудование . . . . .	145
а) Источники света . . . . .	145
б) Оборудование для нанесения суспензий . . . . .	145
8-5. Санитария и техника безопасности . . . . .	146
а) «Черный» свет . . . . .	146
б) Контрольные жидкости . . . . .	147
8-6. Предварительное смачивание и связанные с ним особенности . . . . .	147
а) Влияние воды . . . . .	147

б) Проникновение жидкости на масляной основе . . . . .	147
в) Повторное применение контрольной среды . . . . .	148
г) Выявление внутренних напряжений . . . . .	149
8-7. Интерпретация индикаторных следов . . . . .	149
а) Значение интерпретации . . . . .	149
б) Дефекты в необожженном глиняном изделии . . . . .	149
в) Трещины в обожженном глиняном изделии . . . . .	149
г) Устранение дефектов . . . . .	150
д) Трещины в больших конструкционных деталях . . . . .	150
е) Следы подтеков . . . . .	150
ж) Побочные индикаторные следы . . . . .	150
Литература . . . . .	151

### Раздел 9 Зрение и оптика

9-1. Испытания, проводимые при помощи энергии света . . . . .	151
а) Цель . . . . .	151
б) Сущность испытаний . . . . .	151
в) Применение . . . . .	151
9-2. Зрение . . . . .	151
а) Функция зрения . . . . .	151
б) Преломляемость и бинокулярное зрение . . . . .	151
в) Механизм зрения . . . . .	152
г) Цвет и восприятие цвета . . . . .	152
д) Спектральные границы видимости . . . . .	153
9-3. Геометрическая оптика и ее применение . . . . .	153
а) Образование изображения . . . . .	153
б) Источники света . . . . .	153
в) Обнаружение света и фиксирование его . . . . .	154
г) Спектрографические компараторы . . . . .	154
д) Денситометрические компараторы (фотометры) . . . . .	154
е) Системы оптических линз . . . . .	154
ж) Микроскопы . . . . .	155
з) Отражающие объективы . . . . .	156
и) Бороскопы . . . . .	157
к) Рефрактометры . . . . .	157
л) Измерение отражательной способности вещества . . . . .	158
9-4. Волновая природа света и оптическая интерференция . . . . .	158
а) Излучение . . . . .	158
б) Явление интерференции . . . . .	159
в) Интерферометры для прозрачных образцов . . . . .	159
г) Интерферометры для испытания поверхностей . . . . .	160
д) Проверка толщины тонких пленок . . . . .	161
е) Фазо-контрастный метод . . . . .	162
ж) Оптические испытания, использующие поляризованный свет . . . . .	163
з) Двойное лучепреломление под напряжением . . . . .	163

9-5. Теневые методы исследований . . . . .	163	е) Фотоэлектрические приборы для получения изображений . . . . .	191
а) Техника измерений . . . . .	163	ж) Электронный микроскоп . . . . .	193
б) Методы светового сечения . . . . .	163	Литература . . . . .	195
в) Теневые методы . . . . .	164		
г) Оборудование для теневого метода . . . . .	164		
д) Регулировка щелевой диафрагмы . . . . .	165		
е) Рисунки оптической неоднородности . . . . .	165		
ж) Анализ теневых диаграмм . . . . .	166		
з) Модификации теневых методов . . . . .	166		
и) Преимущества теневых методов выявления неоднородности . . . . .	167		
9-6. Методы дифракции . . . . .	167		
а) Недостатки зрения и оптики . . . . .	167		
б) Дифракционные кольца . . . . .	167		
в) Рассеяние света . . . . .	167		
г) Механизм рассеяния света . . . . .	167		
д) Использование рассеяния света для испытаний . . . . .	168		
е) Испытания тонкой нити по Эберхардту . . . . .	168		
ж) Испытание мелкой структуры при помощи двойного отверстия . . . . .	169		
з) Перестройка волнового фронта для сверхсильного увеличения . . . . .	170		
Литература . . . . .	171		
Раздел 10			
<b>Оборудование для визуального контроля</b>			
10-1. Микроскопы . . . . .	172		
а) Диапазон характеристик . . . . .	172		
б) Лупы (от $1,5\times$ до $10\times$ ) . . . . .	173		
в) Микроскопы с малым увеличением (от $10\times$ до $20\times$ ) . . . . .	175		
г) Средние увеличения (от $20\times$ до $100\times$ ) . . . . .	175		
д) Большие увеличения (от $100\times$ до $2000\times$ ) . . . . .	176		
10-2. Телескопические приборы для визуального наблюдения . . . . .	179		
а) Промышленные телескопы . . . . .	179		
б) Бюрскопы . . . . .	179		
в) Применение в промышленности . . . . .	180		
г) Развятие . . . . .	181		
д) Оптические системы . . . . .	181		
е) Конструкция бороскопа . . . . .	183		
ж) Приборы особого назначения . . . . .	185		
10-3. Электронные приборы для визуального наблюдения . . . . .	186		
а) Фотоэлектрические устройства . . . . .	186		
б) Устройства с фотоэмиссией . . . . .	186		
в) Фотопроводниковые элементы или фотосопротивления . . . . .	190		
г) Фотопреобразователи или фотодиоды . . . . .	191		
д) Использование фотоэлектрического детектирования и измерительных приборов . . . . .	191		
		е) Фотоэлектрические приборы для получения изображений . . . . .	191
		ж) Электронный микроскоп . . . . .	193
		Литература . . . . .	195
Раздел 11			
<b>Оптические проекторы и компараторы</b>			
11-1. Требования, предъявляемые к проверке в промышленности . . . . .	195		
а) Увеличение точности . . . . .	195		
б) Пространственные испытания . . . . .	195		
в) Проверка поверхностей . . . . .	196		
г) Основные методы измерений . . . . .	196		
11-2. Оборудование для оптического проектирования . . . . .	197		
а) Детали . . . . .	197		
б) Освещение . . . . .	197		
в) Коллиматорные линзы . . . . .	198		
г) Линзы, передающие изображение . . . . .	198		
д) Увеличение . . . . .	198		
е) Промежуточные линзы . . . . .	199		
ж) Зеркала . . . . .	199		
з) Проекционные экраны . . . . .	199		
и) Рабочие позиции . . . . .	199		
к) Мощност проектора . . . . .	200		
11-3. Системы проектирования и освещения . . . . .	201		
а) Проектирование . . . . .	201		
б) Освещение . . . . .	201		
11-4. Проверка поверхности . . . . .	203		
а) Осмотр поверхности . . . . .	203		
б) Сравнение образца с эталоном . . . . .	203		
в) Сравнение двух участков одной и той же поверхности . . . . .	204		
г) Объединение поверхностного и теневого освещения . . . . .	204		
11-5. Изображения и диаграммы . . . . .	205		
а) Точность расположения изображений . . . . .	205		
б) Диаграммы экрана . . . . .	205		
в) Материалы для диаграмм . . . . .	206		
11-6. Использование в промышленности . . . . .	207		
а) Многосторонность . . . . .	207		
б) Отделы технического контроля . . . . .	207		
в) Инструментальные мастерские . . . . .	207		
г) Производственные цехи . . . . .	208		
д) Техника и исследование . . . . .	208		
11-7. Специальные процессы, в которых используются проекторы . . . . .	208		
а) Копировка . . . . .	208		
б) Измерение сечений методом накладок . . . . .	208		
в) Измерение сечений путем перемещения . . . . .	210		
г) Отпечатки с поверхности . . . . .	212		
д) Исследование фотоупругих моделей . . . . .	213		
е) Измерение фокусом . . . . .	213		
ж) Волнистость поверхности . . . . .	214		
з) Точки в пространстве . . . . .	214		
и) Двойные изображения . . . . .	215		
к) Постоянные снимки изображения экрана . . . . .	216		

Р а з д е л 12	
Излучения и физика частиц	
12-1. Элементарные частицы и элементы	216
а) Электрон	216
б) Протон	217
в) Нейтрон	217
г) Позитрон	218
д) Нейтрино	218
е) Мезоны	218
ж) Антипротоны	218
з) Другие частицы	218
и) Строение ядра	218
к) Изотопы—изобары	219
12-2. Строение атома	220
а) Основные понятия	220
12-3. Электромагнитное излучение	222
а) Фотон	222
б) Рентгеновские лучи и гамма-лучи	222
в) Возникновение рентгеновских лучей	222
г) Получение монохроматического рентгеновского излучения	223
12-4. Излучение радиоактивных изотопов	224
а) Радиоактивный распад	224
б) Кюри	225
в) Рентген	225
г) Виды распада	225
д) Природные радиоактивные вещества	225
е) Радиоактивные изотопы, получаемые искусственным путем	226
12-5. Поглощение излучения	227
а) Категории поглощения	227
б) Поглощение фотонов	228
в) Рассеяние фотонов	228
г) Зависимость от $Z$ и от энергии	230
д) Коэффициенты ослабления элементов	230
е) Коэффициенты ослабления соединений и смесей	230
12-6. Поглощение заряженных частиц	231
а) Механизм поглощения	231
б) Тормозное излучение	232
в) Рассеяние заряженных частиц	233
12-7. Вторичное излучение	233
Источники вторичного излучения	233
Литература	234
Р а з д е л 13	
Электронные источники излучения	
13-1. Основные понятия	235
а) Область применения	235
б) Получение рентгеновских лучей при помощи источников электронов	235
в) Составные части рентгеновских установок	235
г) Рентгеновские трубки	236
д) Высоковольтные трансформаторы	237
е) Функции управления	238
ж) Выбор установок	239
13-2. Развитие рентгеновских трубок	239
а) Ионные рентгеновские трубки	239
б) Высоковакуумная трубка с горячим катодом	239
в) Многосекционные электронные трубки	240
г) Многосекционный линейный ускоритель	240
д) Торондальные электромагнитные трубки	241
13-3. Развитие рентгеновских установок	242
а) Рентгеновские установки с напряжением от 10 до 100 кВ	242
б) Установки с напряжением 30—150 кВ	242
в) Установки с напряжением 200 кВ	242
г) Установки с напряжением 300 кВ	242
д) Установки с напряжением 400 кВ	242
е) Установки с напряжением 1 000 кВ	242
ж) Установки с напряжением 2 МВ	245
з) Установки с линейным ускорителем	245
и) Бетатроны	246
к) Синхротрон	246
л) Импульсные рентгеновские трубки для получения жесткого рентгеновского излучения	247
13-4. Развитие промышленных рентгеновских установок средней мощности	247
а) Основные схемы	247
б) Установки с блок-трансформаторами	248
в) Установки с разделенными компонентами	249
г) Установки с трубками в отдельном кожухе	250
13-5. Современные рентгеновские трубки на средние напряжения	250
а) Конструкция трубок	250
б) Генерирование рентгеновских лучей	251
в) Коэффициент полезного действия и влияние экрана	251
г) Влияние угла наклона лучей	252
д) Фокусное пятно	252
е) Трубки с уменьшенным фокусным пятном	253
ж) Факторы, ограничивающие тепловую нагрузку анода. Охлаждение анода	253
з) Предельное напряжение на трубке	254
и) Самозащитные трубки	254
к) Технология производства	254
л) Причины неисправности рентгеновских трубок	255
13-6. Конструкция рентгеновских установок с блок-трансформатором	256
а) Вопросы выбора конструкции	256
б) Блок-трансформаторы	256
в) Контрольная аппаратура	258
г) Конструктивные ограничения	258
13-7. Выбор и применение рентгеновских установок	258

а) Общие сведения . . . . .	258
б) Требования к эксплуатации рентгеновских установок . . . . .	259
в) Установки с разделенными компонентами . . . . .	259
г) Установки с совмещенными компонентами . . . . .	261
д) Характеристика установок . . . . .	261
Литература . . . . .	262

## Раздел 14

## Изотопные источники излучений

14-1. Радиоактивный распад . . . . .	263
а) Развитие . . . . .	263
б) Естественная радиоактивность . . . . .	264
в) Процесс распада . . . . .	265
г) Вторичные процессы . . . . .	265
д) Искусственные радиоактивные изотопы . . . . .	266
14-2. Измерение изотопов . . . . .	266
а) Определения . . . . .	266
б) Закон квадратов расстояний . . . . .	267
в) Слой половинного ослабления . . . . .	268
14-3. Производство изотопов . . . . .	268
а) Основные источники . . . . .	268
б) Естественные радиоактивные материалы . . . . .	268
в) Изотопы, активированные нейтронами . . . . .	269
г) Расчет радиографических источников . . . . .	269
14-4. Специальные изотопы для радиографии . . . . .	271
а) Выбор радиографических источников . . . . .	271
б) Кобальт-60 . . . . .	272
в) Иридий-192 . . . . .	273
г) Туллий-170 . . . . .	275
д) Цезий-137 . . . . .	276
14-5. Оборудование для управления источниками . . . . .	276
а) Требования, предъявляемые к оборудованию . . . . .	276
б) Ручное манипулирование источниками . . . . .	277
в) Оборудование для дистанционного управления . . . . .	277
14-6. Техника экспонирования . . . . .	277
а) Поглощение излучения . . . . .	277
б) Расчет экспозиции . . . . .	279
в) Влияние экранов . . . . .	279
14-7. Радиографическая чувствительность . . . . .	280
а) Общая чувствительность . . . . .	280
б) Пенетрационная чувствительность . . . . .	281
в) Факторы, влияющие на радиографическую чувствительность . . . . .	281
г) Зернистость . . . . .	282
д) Нерезкость . . . . .	282
е) Радиографическая контрастность . . . . .	283
Литература . . . . .	284

## Раздел 15

## Обнаружение и регистрация излучений

15-1. Газовые ионизационные детекторы . . . . .	286
а) Механизм ионизации . . . . .	286
б) Конструктивные соображения . . . . .	286
в) Ионизационные камеры . . . . .	287
г) Пропорциональные счетчики . . . . .	288
д) Счетчики Гейгера—Мюллера . . . . .	289
15-2. Твердые детекторы . . . . .	290
а) Эффективность . . . . .	290
б) Механизм усиления . . . . .	290
в) Кристаллические фотопроводники . . . . .	291
15-3. Флуоресцирующие экраны . . . . .	293
а) Флуороскопические экраны . . . . .	293
б) Усиливающие экраны . . . . .	295
15-4. Рентгеновские пленки . . . . .	296
а) Строение пленки . . . . .	296
б) Скрытое изображение . . . . .	296
в) Обработка пленки . . . . .	296
г) Характеристическая кривая . . . . .	296
д) Зернистость . . . . .	298
е) Спектральная чувствительность . . . . .	298
ж) Отступления от закона взаимозаменяемости . . . . .	298
з) Радиографические экраны . . . . .	299
Литература . . . . .	299

## Раздел 16

## Дифракция рентгеновских лучей и флуоресценция

16-1. Рентгеновский анализ . . . . .	300
а) Применение рентгеновского анализа . . . . .	300
б) Рентгеновский спектр . . . . .	300
16-2. Дифракция рентгеновских лучей . . . . .	301
а) Рассеяние рентгеновских лучей от кристаллических веществ . . . . .	301
б) Рассеяние рентгеновских лучей от порошковых образцов . . . . .	302
в) Регистрация рентгеновских лучей дифрактометром . . . . .	305
16-3. Определение структуры кристаллов . . . . .	305
а) Основы метода . . . . .	305
б) Рентгеноструктурный анализ полиморфных веществ . . . . .	306
16-4. Анализ твердых растворов и смесей . . . . .	307
а) Небольшие изменения в рентгенограммах . . . . .	307
б) Твердые растворы . . . . .	307
в) Изменения фаз . . . . .	307
г) Химические реакции . . . . .	308
16-5. Другие виды анализа . . . . .	308
а) Деформация решетки . . . . .	308
б) Влияние большого размера зерна . . . . .	308
в) Определение размеров больших кристаллов . . . . .	309
г) Анализ аморфных материалов . . . . .	309
д) Дифракция рентгеновских лу-	

	чей от деформированных материалов . . . . .	309
16-6.	Анализ свойств анизотропных материалов . . . . .	311
	а) Ориентированные материалы . . . . .	311
16-7.	Другие виды использования дифракции рентгеновских лучей . . . . .	312
	а) Общее применение . . . . .	312
	б) Ограничения в идентификации . . . . .	313
16-8.	Флуоресцентная спектроскопия . . . . .	313
	а) Развитие метода . . . . .	313
	б) Принципы флуоресцентного анализа . . . . .	314
	в) Аппаратура для флуоресцентного анализа . . . . .	314
	г) Методика измерения . . . . .	315
	д) Сравнение с оптико-эмиссионной спектроскопией . . . . .	315
	е) Ограничения, связанные с длиной волн . . . . .	316
	ж) Сравнение с дифракционным рентгеновским анализом . . . . .	316
	з) Применение флуоресцентного анализа . . . . .	316
	Литература . . . . .	316

### Раздел 17

#### Измерения с помощью рентгеновских лучей и радиоактивных изотопов

17-1.	Источники излучения . . . . .	317
	а) Требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам . . . . .	317
	б) Принцип действия . . . . .	317
	в) Выбор источников излучения . . . . .	317
	г) Точность измерений толщины методом пропускания . . . . .	319
	д) Точность измерений толщины методом отражения . . . . .	320
17-2.	Рентгеновские толщиномеры . . . . .	320
	а) Принцип действия . . . . .	320
	б) Длина волны у рентгеновского толщиномера, работающего по принципу пропускания излучения . . . . .	321
	в) Детекторы для рентгеновских толщиномеров . . . . .	321
	г) Рентгеновские установки . . . . .	322
	д) Системы индикации размеров . . . . .	322
	е) Линеаризация . . . . .	322
	ж) Типичные рентгеновские толщиномеры . . . . .	322
	з) Флуоресцентные рентгеновские толщиномеры . . . . .	324
17-3.	Радиоактивные толщиномеры . . . . .	325
	а) Стабильность спектрального источника . . . . .	325
	б) Расположение источника и детектора . . . . .	325
	в) Радиоактивные толщиномеры, работающие по принципу пропускания излучения . . . . .	325
	г) Радиоактивные толщиномеры, работающие по принципу обратного рассеяния (отраженного) излучения . . . . .	326

	д) Выбор радиоактивных источников . . . . .	327
17-4.	Обнаружение излучения . . . . .	328
	а) Методы обнаружения . . . . .	328
	б) Ионизационные камеры . . . . .	329
	в) Счетчики Гейгера—Мюллера . . . . .	329
	г) Кристаллические счетчики . . . . .	329
	д) Сцинтилляционные счетчики . . . . .	330
	е) Системы источника и детектора . . . . .	331
17-5.	Защита от излучений . . . . .	331
	а) Влияние конструкции . . . . .	331
	б) Экранирование . . . . .	332
	в) Обеспечение максимальной безопасности . . . . .	332
	г) Обучение персонала . . . . .	333
17-6.	Промышленное применение . . . . .	333
	а) Области применения . . . . .	333
	б) Классификация полосового проката . . . . .	333
	в) Измерение толщины металлических листов . . . . .	333
	г) Измерение толщины покрытий . . . . .	334
	д) Измерение толщины резины . . . . .	334
	е) Измерение толщины пластмасс . . . . .	335
	ж) Вес и толщина бумаги . . . . .	335
	з) Измерение плотности набивки сигарет . . . . .	335
	и) Измерение плотности жидкости . . . . .	335
17-7.	Таблица вычисленных массовых коэффициентов поглощения рентгеновских и гамма-лучей для различных элементов . . . . .	336
	Литература . . . . .	341

### Раздел 18

#### Флуорескопия

18-1.	Чувствительность . . . . .	342
	а) Основы метода . . . . .	342
	б) Чувствительность . . . . .	342
	в) Четкость . . . . .	343
	г) Контрастная чувствительность . . . . .	344
	д) Сравнение с радиографической чувствительностью . . . . .	345
18-2.	Характеристики флуоресцирующих экранов . . . . .	346
	а) Конструкция экранов . . . . .	346
	б) Яркость экранов . . . . .	346
	в) Нерезкость экранов . . . . .	347
	г) Оптимальный цвет свечения . . . . .	348
18-3.	Рентгеновские защитные окна . . . . .	348
	а) Требования к окнам . . . . .	348
	б) Характеристики окон . . . . .	348
18-4.	Характеристики рентгеновских трубок . . . . .	350
	а) Флуороскопическое требование . . . . .	350
	б) Выходная мощность . . . . .	350
	в) Размер фокусного пятна . . . . .	351
	г) Интервал напряжений . . . . .	351
18-5.	Эксплуатационные характеристики . . . . .	351
	а) Разрешающая способность . . . . .	351
	б) Поглощение и рассеяние рентгеновских лучей . . . . .	351

	в) Пропускание и яркость . . .	352	з) Закон квадратов расстояний	377
	г) Наблюдение при постоянной яркости . . . . .	353	и) Вычисление экспозиции . . .	377
	д) Оценка чувствительности . .	353	к) Закон взаимозависимости . .	378
18-6.	Затруднения при расшифровке изображений . . . . .	354	л) Поглощение излучения образцом . . . . .	379
	а) Физиологические соображения	354	м) Факторы экспозиции . . . . .	380
	б) Яркость . . . . .	354	н) Радиографическая контрастность . . . . .	381
	в) Скорость передвижения объекта и частота . . . . .	355	19-2. Рассеянное излучение . . . . .	382
	г) Движение . . . . .	355	а) Природа рассеянного излучения . . . . .	382
	д) Острота зрения . . . . .	355	б) Методы уменьшения рассеяния экранов . . . . .	383
	е) Флуктуации . . . . .	355	в) Экраны из свинцовой фольги	383
	ж) Восприимчивые нерезких контуров . . . . .	356	г) Защита от обратного рассеяния . . . . .	384
	з) Вспомогательная оптическая система . . . . .	356	д) Маски и диафрагмы . . . . .	384
18-7.	Минимальная величина выявляемого дефекта . . . . .	357	е) Фильтрация . . . . .	385
	а) Недостатки флуороскопии . .	357	ж) Пятнистость, вызванная дифракцией рентгеновских лучей	385
	б) Теория флуктуаций . . . . .	357	з) Рассеяние в высоковольтной радиографии . . . . .	386
	в) Теория нерезкости экрана . .	357	19-3. Радиографические экраны . . . . .	386
	г) Постоянная чувствительность	359	а) Назначение экранов . . . . .	386
18-8.	Техника работы . . . . .	360	б) Свинцовые экраны . . . . .	387
	а) Геометрические соотношения	360	в) Флуоресцирующие экраны . .	388
	б) Особенности рассматривания изображения . . . . .	361	19-4. Рентгеновские пленки . . . . .	389
	в) Способы перемещения изделий	361	а) Пленочные эмульсии . . . . .	389
18-9.	Расшифровка . . . . .	362	б) Факторы, учитываемые при радиографировании . . . . .	389
	а) Выявление дефектов . . . . .	362	в) Классификация пленок для промышленной радиографии	390
	б) Оценка качества . . . . .	362	г) Фотографическая плотность изображения . . . . .	390
	в) Квалификация оператора . .	362	д) Характеристическая кривая	391
	г) Статистический контроль . .	363	е) Радиографическая чувствительность . . . . .	392
18-10.	Электронная флуороскопия . .	363	ж) Пенетрометры . . . . .	393
	а) Увеличение яркости изображения . . . . .	363	з) Обращение с пленками . . .	395
	б) Трубки усилителя яркости . .	363	и) Защита пленок при хранении	395
	в) Использование телевизионных установок . . . . .	364	19-5. Специальные методы в радиографии . . . . .	397
18-11.	Системы флуороскопов . . . . .	365	а) Микрорадиография . . . . .	397
	а) Непосредственное наблюдение	365	б) Фоторадиография . . . . .	399
	б) Основные флуороскопические системы . . . . .	365	в) Высокоскоростная радиография . . . . .	399
	в) Использование фото- и кинокамер . . . . .	367	г) Глубина залегания дефектов	399
	г) Использование телевизионных камер . . . . .	367	Литература . . . . .	401
	д) Использование передающих трубок . . . . .	367		
18-12.	Применение в промышленности	368		
	а) Требования к рентгеновскому контролю . . . . .	368		
	б) Оценка качества по пенетрационной чувствительности . .	368		
	в) Области применения . . . . .	369		
	Литература . . . . .	370		

## Раздел 19

## Пленочная радиография

19-1.	Техника экспонирования . . . . .	371
	а) Основы метода . . . . .	371
	б) Факторы, влияющие на плотность изображения . . . . .	372
	в) Количество излучения . . . . .	372
	г) Геометрические законы . . . .	374
	д) Радиографические тени . . . .	374
	е) Геометрическая нерезкость	375
	ж) Геометрическое увеличение	376

## Раздел 20

## Обработка рентгеновской пленки

20-1.	Обработка пленок . . . . .	402
	а) Операции при обработке пленок . . . . .	402
	б) Проявление пленок . . . . .	404
	в) Остановка проявления . . . .	406
	г) Фиксирование . . . . .	406
	д) Промывка . . . . .	407
	е) Сухка . . . . .	407
	ж) Специальные методы обработки . . . . .	407
20-2.	Оборудование для обработки пленок . . . . .	409
	а) Комната для обработки пленок	409
	б) Освещение . . . . .	410
20-3.	Просмотр радиограмм . . . . .	411
	а) Требования к осветителю (негатоскопу) . . . . .	411





и) Методика применения низковольтной рентгенографии . . .	456
Литература . . . . .	456

## Раздел 24

**Рентгеновский контроль сварных узлов**

24-1. Расшифровка рентгеновских снимков . . . . .	457
а) Требования к расшифровке снимков . . . . .	457
б) Необходимые сведения . . . . .	458
в) Условия для просмотра рентгеновских снимков . . . . .	458
24-2. Внутренние дефекты в стыковых швах . . . . .	458
а) Чтение рентгеновских снимков стыковых швов . . . . .	458
б) Газовые включения . . . . .	459
в) Шлаковые включения . . . . .	459
г) Непровар . . . . .	460
д) Трещины . . . . .	461
е) Непровар по скосам кромок . . . . .	462
ж) Вольфрамовые включения . . . . .	462
24-3. Наружные дефекты в стыковых швах . . . . .	462
а) Дефекты наружной поверхности . . . . .	462
б) Неполностью заполненные канавки шва . . . . .	463
в) Вогнутость в вершине шва . . . . .	463
г) Избыточное усиление . . . . .	463
д) Нахлест . . . . .	463
е) Проплав . . . . .	464
ж) Продольные канавки . . . . .	464
з) Подрезы . . . . .	464
и) Смещение кромок шва . . . . .	465
к) Смена электродов . . . . .	465
л) Следы от шлифовки . . . . .	465
м) Брызги от электрода . . . . .	465
н) Капли металла или следы от вольтовой дуги . . . . .	465
о) Швы, выполненные с опорными кольцами . . . . .	465
24-4. Проверка швов трубопроводов . . . . .	466
а) Механические испытания . . . . .	466
б) Введение радиографии . . . . .	466
в) Радиография трубопроводов . . . . .	466
г) Стандарты АР1 . . . . .	467
д) Выбор источника облучения . . . . .	467
24-5. Радиографирование трубопроводов . . . . .	467
а) Радиография с помощью кобальта-60 . . . . .	467
б) Радиография с помощью иридия-192 . . . . .	468
в) Безопасность при облучении . . . . .	468
г) Размеры источника . . . . .	468
д) Размещение источника . . . . .	468
е) Процесс тройной экспозиции . . . . .	468
ж) Метод эллиптической проекции . . . . .	469
з) Рентгеновская установка для контроля трубопроводов . . . . .	469
и) Экспозиция при источнике облучения, расположенном снаружи трубы . . . . .	469
к) Радиографическая чувствительность . . . . .	470

л) Преимущества рентгеновской установки, расположенной внутри трубы . . . . .	470
м) Требования к передвижной фотолаборатории . . . . .	470
н) Проверка химических растворов . . . . .	471
24-6. Контроль качества швов трубопровода . . . . .	471
а) Общие дефекты . . . . .	471
б) Расшифровка . . . . .	471
в) Необходимость проверки . . . . .	471
г) Причины дефектов шва . . . . .	471
д) Тенденции при исправлении ошибок . . . . .	471
е) Процент контроля . . . . .	472
ж) Результаты радиографического контроля . . . . .	472
з) Стоимость радиографического контроля . . . . .	473
и) Квалификация рентгенологов для контроля трубопроводов . . . . .	473
Литература . . . . .	473

## Раздел 25

**Защита от излучений**

25-1. Обслуживающий персонал . . . . .	474
а) Источники проникающего излучения . . . . .	474
б) Возможные пути облучения персонала . . . . .	475
в) Исследование и дозиметрия . . . . .	476
г) Медицинский осмотр . . . . .	476
д) Индивидуальный дозиметрический контроль . . . . .	476
е) Контрольные приборы . . . . .	477
ж) Испытание герметизированных источников на утечку . . . . .	477
25-2. Контроль облучения . . . . .	478
а) Мощность источников облучения . . . . .	478
б) Рабочее время . . . . .	478
в) Рабочее расстояние . . . . .	478
г) Защита (экранирование) . . . . .	479
д) Радиоактивные изотопы . . . . .	480
е) Рассеяние излучения . . . . .	481
ж) Камеры для защиты от облучения . . . . .	481
з) Контроль утечки излучения . . . . .	481
и) Экранирующие материалы . . . . .	482
к) Защитная блокировка . . . . .	482
л) Рассеяние вверх . . . . .	482
м) Толщина экранирующих стенок . . . . .	482
н) Контроль излучения в заводских и полевых условиях . . . . .	482
о) Знаки, предупреждающие о радиационной опасности . . . . .	483
25-3. Обязанности администрации . . . . .	483
а) Пользование аппаратурой и выдача разрешений . . . . .	483
б) Организация труда . . . . .	483
Литература . . . . .	484

## Раздел 26

**Таблицы коэффициентов ослабления**

Таблицы вычисленных коэффициентов ослабления рентгеновских и гамма-лучей для различных элементов . . . . .	485
--	-----