



Обозначение: E94 – 04(Утвержден повторно в 2010г)

---

**Стандартное руководство для рентгенографического исследования**

**Standard Guide for Radiographic Examination**

**Перевод зарегистрирован  
ООО "Нормдокс"  
по поручению ASTM International  
Номер регистрации: E94-04(2010)/16963  
Дата регистрации: 09.08.2016**

Перевод настоящего стандарта осуществлен ООО «Нормдокс» с официального разрешения Американского общества по материалам и их испытаниям (ASTM) 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.

ASTM не утверждает и не подтверждает данный перевод, и только английская версия, опубликованная со знаком копирайта ASTM, может рассматриваться как оригинальная версия.

Воспроизведение данного перевода возможно только с разрешения ASTM.

Translation of this standard has been made by Normdocs OOO under the official permission from the American Society for Testing and Materials (ASTM), 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.

ASTM does not confirm or approve this translation, and only the English version as published and copyrighted by ASTM can be considered as the original version.

Reproduction of this translation is possible by authority of ASTM only.



Обозначение: E94 – 04 (Утвержден повторно в 2010г)

## Стандартное руководство для рентгенографического исследования

Настоящий стандарт выпускается под неизменным обозначением E94; номер, следующий непосредственно за обозначением, указывает на год исходного выпуска или, в случае пересмотра, на год последнего пересмотра. Номер в скобках указывает на год последнего повторного утверждения. Надстрочный индекс с буквой эpsilon ( $\epsilon$ ) указывает на наличие редакторских правок с момента выпуска последнего пересмотра или повторного утверждения

### 1. Область применения

1.1 Данное руководство охватывает выполнение исследования с использованием рентгеновского и гамма-излучения применительно к записи на промышленной рентгеновской пленке. Оно включает указания предпочтительных практических методов без обсуждения технических особенностей, которые обосновывают эти предпочтения. В качестве источников дополнительной информации по данному предмету приводится библиографический список, состоящий из нескольких учебников и стандартных документов.

1.2 Данное руководство охватывает типы исследуемых материалов; методы рентгенографического исследования и производственные методы; выбор, обработку, просмотр и хранение рентгеновских пленок; сохранение инспекционных записей; а также список имеющихся документов с эталонными рентгеновскими снимками.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Дополнительная информация содержится в Руководстве E999, Практическом руководстве E1025, Методах испытания E1030 и E1032.

1.3 *Стандарты интерпретации и приемки* – Данное руководство не покрывает стандарты интерпретации и приемки, кроме перечисления имеющихся документов с эталонными рентгеновскими снимками для отливок и сварных швов. Определение стандартов приемки - браковки считается компетенцией спецификаций на изделия и, в общем случае, предметом контрактного соглашения между заказчиком и производителем.

1.4 *Техника безопасности* – В этом документе не покрываются проблемы, связанные с защитой персонала от рентгеновского и гамма излучения. Информацию по этим важным аспектам рентгенографии можно получить из действующих документов Национального комитета по радиационной защите и измерениям, Федерального регистра, Управления энергетических исследований и разработок США, Национального бюро стандартов, а также из государственных и местных нормативов, если таковые имеют место. Что касается специфической радиационной информации, смотрите NIST Справочник ANSI 43.3, 21 CFR 1020.40 и 29 CFR 1910.1096 или нормативы штатов, включенных в соглашение.

1.5 *Настоящий стандарт не ставит целью описание всех проблем безопасности, если они имеются, связанных с его использованием. В обязанности пользователя настоящего стандарта входит определение надлежащих методов техники безопасности и охраны труда, а также определение*

*применимости нормативных ограничений перед его использованием.* (Смотри 1.4)

1.6 Если используется какое-либо NDT агентство, это агентство должно быть аттестовано в соответствии с Практическим руководством E543.

### 2. Справочные документы

#### 2.1 ASTM стандарты:

- E543 Технические условия на агентства, выполняющие неразрушающие испытания
- E476 Методы определения параметров относительного качества изображения промышленных рентгеновских систем отображения
- E474 Практическое руководство по проектированию, изготовлению и классификации по группам материала проволочных индикаторов качества изображения (IQI), используемых в рентгенографии
- E801 Практическое руководство по контролю качества электронных устройств для рентгенографического контроля
- E999 Руководство по контролю качества обработки промышленных рентгеновских пленок
- E1025 Практическое руководство по проектированию, изготовлению и классификации по группам материала дырчатых индикаторов качества изображения (IQI), используемых в рентгенографии
- E1030 Метод испытания для рентгеновского контроля металлических отливок
- E1032 Метод испытания для рентгеновского контроля сварных изделий
- E1079 Метод калибровки пропускающих денситометров
- E1254 Руководство по хранению рентгеновских снимков и неэкспонированных промышленных рентгеновских пленок
- E1316 Терминология неразрушающего контроля
- E1390 Технические условия на осветители, используемые для просмотра промышленных рентгенограмм
- E1735 Метод испытания для определения относительного качества изображения промышленной рентгеновской пленки, облученной рентгеновским излучением с энергией от 4 до 24 МэВ
- E1742 Практическое руководство по рентгенографическому контролю
- E1815 Метод испытания для классификации пленочных систем для промышленной рентгенографии

#### 2.2 Стандарты ANSI:

- PH1.41 Технические условия на фотографическую пленку для архивных записей галогенидосеребряного типа на полиэфирной основе

<sup>1</sup> Настоящее практическое руководство находится в ведении Комитета ASTM E07, Неразрушающий контроль, а непосредственную ответственность за него несет Подкомитет E07.01 по Рентгенографическим (X и Гамма) методам.

Настоящая редакция была утверждена 1 июня 2010 г. Опубликована в ноябре 2010г. Первоначально утверждена в 1952 г. Предпоследняя редакция была утверждена в 2004г. под обозначением E94 – 04. DOI: 10.1520/E0094-04R10.

<sup>2</sup> В случае применения Кодов ASME по котлам и сосудам под давлением см. соответствующие Технические условия SA-388/SA-388M в Разделе II данных Кодов.

<sup>3</sup> Для ознакомления с упомянутыми стандартами ASTM посетите сайт ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), или свяжитесь со Службой заказчиков ASTM по адресу [service@astm.org](mailto:service@astm.org). Для получения информации по Ежегодному сборнику стандартов ASTM обратитесь к сводной странице по стандартам на сайте ASTM.



PH2.22 Методы определения безопасных времен облучения в темной фотографической комнате

PH4.8 Метод «метиленовой синьки» для измерения остаточных химикатов на пленках, пластинках и бумаге в денситометрическом методе с использованием тиосульфата и серебра<sup>4</sup>

T9.1 Формирующая изображение среда (пленка) – Характеристики стабильности для пленок галогенидосеребряного типа

T9.2 Формирующая изображение среда – Регистрационные папки и контейнеры для хранения фотографических пленок, пластинок и бумаги

### 2.3 Федеральные стандарты:

Раздел 21, Свод федеральных нормативов (CFR) 1020.40, Техника безопасности для рентгеновских кабинетов

Раздел 29, Свод федеральных нормативов (CFR) 1020.40, Ионизирующее излучение (рентгеновское, RF и т.п.)<sup>5</sup>

### 2.4 Другие документы:

NBS справочник ANSI N43.3 Общая радиационная безопасность установок, использующих немедицинские источники рентгеновского и закрытого гамма излучения вплоть до 10 МэВ<sup>6</sup>

## 3. Терминология

3.1 *Определения* – Определения и термины, используемые в этом руководстве, смотрите в Терминологии E1316.

## 4. Значение и применение

4.1 В соответствии с текущим состоянием рентгенографии, данное руководство является общим руководством по имеющимся материалам, технологиям и методам, когда в качестве носителей информации используются промышленные рентгеновские пленки.

4.2 *Ограничения* – Это руководство не учитывает особые преимущества и ограничения, являющиеся следствием использования непленочных носителей информации или считывания данных, таких как бумага, ленты, ксерорентгенография, флюороскопия и электронные устройства усиления изображений. Хотя приводятся ссылки на документы, которые, по обстоятельствам, можно использовать при идентификации и классификации репрезентативных дефектов в обычных металлических отливках и сварных швах, никаких попыток по учреждению стандартов приемки каких-либо материалов или производственных процессов не предпринималось. Рентгенографию следует считать подходящим по чувствительности и разрешению методом, только если имеет место и сохраняется влияние всех особенностей, таких как геометрия, пленка, фильтрация, просмотр и т.п.

## 5. Качество рентгенограмм

5.1 Для получения качественных рентгенограмм необходимо анализировать, как минимум, перечисленные ниже проблемы. Подробная информация, касающаяся каждой из этих проблем, описывается в этом руководстве далее.

5.1.1 Источник излучения (рентгеновское или гамма излучение),

5.1.2 Выбор напряжения (рентгеновское излучение),

5.1.3 Размер источника (рентгеновское или гамма-излучение),

5.1.4 Способы и средства устранения рассеянного излучения,

5.1.5 Класс пленочной системы,

5.1.6 Расстояние от источника до пленки,

5.1.7 Индикаторы качества изображения (IQI),

5.1.8 Экраны и фильтры,

5.1.9 Геометрия детали или конфигурация компонента,

5.1.10 Идентификационные метки и метки местоположения, и

5.1.11 Уровень рентгенографического качества.

## 6. Уровень рентгенографического качества

6.1 Информацию по проектированию и изготовлению индикаторов качества изображения (IQI) можно найти в Практических руководствах E474, E801, E1025 и E1742.

6.2 Обычно требуемый уровень качества рентгенограмм составляет 2% (2-2T, когда используется IQI дырчатого типа), если между заказчиком и поставщиком не согласован больший или меньший уровень качества. При уровне контраста объекта 2% в соответствии с конструкцией и нанесением данного IQI (Практическое руководство E1025, Таблица 1), имеется три уровня качества проверки, 2-1T, 2-2T и 2-4T. В Практическом руководстве 1025, Таблица 1, приводятся другие уровни проверки. Задаваемый уровень проверки должен базироваться на эксплуатационных требованиях, предъявляемых к данному изделию. Особую осторожность следует проявлять при указании уровней качества 2-1T, 1-1T и 1-2T, определяя сначала, что в промышленной рентгенографии эти уровни качества могут поддерживаться.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Первое число в обозначении уровня качества относится к толщине IQI, выраженной как процент от толщины образца, второе число относится к диаметру отверстия IQI, которое должно быть видно на данной рентгенограмме, выраженному как кратное толщине эталона чувствительности.

6.3 Если нет IQI, изготовленных из материала, рентгенографически аналогичного исследуемому, можно использовать IQI требуемого размера, но изготовленные из материала с более низким поглощением.

6.4 Требуемый уровень качества при использовании проволочных IQI должен быть эквивалентен уровню 2-2T из Практического руководства E1025, если между заказчиком и поставщиком не согласован больший или меньший уровень качества. В Таблице 4 Практического руководства E747 приводится список различных IQI дырчатого типа и диаметр проволок соответствующего EPS с применяемыми отверстиями 1T, 2T и 4T в дисковом IQI. При необходимости, в Приложении XI Практического руководства E747 приводится уравнение для расчета других эквивалентов.

## 7. Выбор энергии

7.1 Энергия рентгеновского излучения влияет на качество изображения. В общем, чем ниже энергия используемого источника, тем выше достижимый рентгенографический контраст, однако, другие переменные, такие как геометрия и условия рассеяния, могут перевешивать потенциальное преимущество более высокого контраста. Что касается какой-либо частной энергии, с приемлемым уровнем качества при использовании конкретной рентгенографической установки или источника гамма излучения, можно рентгенографически исследовать диапазон толщин, которые являются кратными слою половинного ослабления излучения. Во всех случаях уровень качества заданного IQI (эталона чувствительности) следует указывать на рентгенограмме. В общем, удовлетворительные результаты, как правило, можно получать для энергий рентгеновского излучения от 2.5 до 10 полупоглощающих слоев (HVL) толщины материала (смотри Таблицу 1). Этот диапазон в некоторых ситуациях для энергий рентгеновского излучения в диапазоне от 1 до 25 МВ можно расширять с коэффициентом 2, главным образом, вследствие снижения рассеяния.

## 8. Радиографический коэффициент эквивалентности

8.1 Радиографический коэффициент эквивалентности какого-либо материала – это коэффициент, на который следует умножать

<sup>4</sup> Можно получить в Американском национальном институте стандартов (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

<sup>5</sup> Можно получить у начальника управления документации государственной типографии США, 732 N. Capitol St., NW, Mail Stop: SDE, Washington, DC 20401.

<sup>6</sup> Можно получить в Национальном институте стандартов и технологий (NTIS), U.S. Department of Commerce, 5285 Port Royal Rd., Springfield, VA 22161.

**ТАБЛИЦА 1 Типичная толщина HVL стали в дюймах (мм) для широко используемых энергий**

Энергия	Толщина, дюймы (мм)
120 кВ	0,10 (2,5)
150 кВ	0,14 (3,6)
200 кВ	0,20 (5,1)
250 кВ	0,25 (6,4)
400 кВ (Ir 192)	0,35 (8,9)
1 МВ	0,57 (14,5)
2 МВ (Co 60)	0,80 (20,3)
4 МВ	1,00 (25,4)
6 МВ	1,15 (29,2)
10 МВ	1,25 (31,8)
16 МВ и выше	1,30 (33,0)

толщину материала, чтобы получить толщину «стандартного» материала (часто стали), имеющую такое же поглощение. Радиографические коэффициенты эквивалентности некоторых из наиболее распространенных металлов приведены в Таблице 2, где коэффициент для стали произвольно принят равным 1.0. Эти коэффициенты можно использовать:

8.1.1 Для определения практических ограничений толщин материалов, отличных от стали, для источников излучения, и

8.1.2 Для определения коэффициентов экспозиции для одного металла на основании методов облучения для других металлов.

## 9. Пленка

9.1 Для выполнения производственного рентгенографического контроля имеются различные промышленные рентгеновские пленки. Однако, трудно сформулировать определенные правила выбора пленок вследствие того, что такой выбор зависит от индивидуальных требований пользователя. Вот некоторые из требований, предъявляемых пользователями: уровни рентгенографического качества, времена экспозиций и различные факторы стоимости. Для оценки уровней качества изображения имеется несколько методов (смотри Метод испытания E476 и Практическое руководство E747 и E801). Информацию о конкретных изделиях можно получить от изготовителей.

9.2 Различные промышленные рентгеновские пленки изготавливаются таким образом, чтобы удовлетворять требованиям, предъявляемым к качеству изображения, и производственным нуждам. В стандарте Метод испытания E1815 приводится метод классификации пленочных систем изготовителями пленок. Любая пленочная система состоит из пленки и связанной системы обработки пленки. Пользователи могут получать от производителя пленки классификационную таблицу для данной пленочной системы, используемой в производственной рентгенографии. Выбор класса пленки можно выполнять в соответствии с Методом испытания E1815.

Дополнительные подробности в части классификации пленочных систем приводятся в Методе испытания E1815. Что касается изготовления пленок, ANSI стандарты PH1.41, PH4.8 и T9.2 обеспечивают подробное описание особенностей и требований.

## 10. Фильтры

10.1 *Определение* – Фильтры – это однородные слои материала, располагаемые между источником излучения и пленкой.

10.2 *Задача* – Задача фильтров – поглощать более мягкие составляющие первичного излучения, что приводит к одному или более из перечисленных ниже практических преимуществ:

10.2.1 Снижение рассеянного излучения, вследствие чего увеличивается контраст.

10.2.2 Снижение размыва, вследствие чего увеличивается контраст.

10.2.3 Снижение контраста деталей переменной толщины.

10.3 *Местоположение* – Как правило, фильтр следует располагать в одном из перечисленных ниже мест:

10.3.1 Как можно ближе к источнику излучения, что приводит к снижению размера фильтра, а также снижает внос самого фильтра в рассеянное излучение, попадающее на пленку.

10.3.2 Между образцом и пленкой, чтобы предпочтительно поглощать рассеянное излучение от образца. Следует отметить, что эту функцию выполняют свинцовая фольга и другие металлические экраны (смотри 13.1).

10.4 *Толщина и материал фильтра* – Толщина и материал фильтра должны меняться в зависимости от перечисленного ниже:

10.4.1 Материал, подвергающийся рентгенографическому контролю.

10.4.2 Толщина исследуемого материала.

10.4.3 Колебания толщины исследуемого материала.

10.4.4 Энергетический спектр используемого излучения.

10.4.5 Требуемое улучшение (увеличение или снижение контраста). Толщину и материал фильтра следует либо вычислять, либо определять эмпирическим путем.

## 11. Маскировка

11.1 Маскировка или блокировка (окружающая образец или покрывающая тонкие секции поглощающим материалом) полезна для ослабления рассеянного излучения. Такой материал можно использовать также для уравнивания поглощения различных сечений, но в более тонких сечениях это может привести к потере деталей.

## 2. Защита от обратного рассеяния

12.1 Влияние обратно рассеянного излучения можно снижать, ограничивая пучок излучения до наименьшего

**ТАБЛИЦА 2 Приблизительные радиографические коэффициенты эквивалентности для нескольких материалов (относительно стали)**

Металл	Уровень энергии									
	100 кВ	150 кВ	220 кВ	250 кВ	400 кВ	1МВ	2МВ	4–25 МВ	<sup>192</sup> Ir	<sup>60</sup> Co
Магний	0,05	0,05	0,08							
Алюминий	0,08	0,12	0,18						0,35	0,35
Алюминиевый сплав	0,10	0,14	0,18						0,35	0,35
Титан		0,54	0,54		0,71	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Железо/все стали	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Медь	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1
Цинк		1,4	1,3		1,3			1,2	1,1	1,0
Латунь		1,4	1,3		1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0
Inconel X		1,4	1,3		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Monel	1,7		1,2							
Цирконий	2,4	2,3	2,0	1,7	1,5	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0
Свинец	14,0	14,0	12,0			5,0	2,5	2,7	4,0	2,3
Гафний			14,0	12,0	9,0	3,0				
Уран			20,0	16,0	12,0	4,0		3,9	12,6	3,4

практического поперечного сечения и размещая за пленкой свинец. В некоторых случаях либо расположение заднего свинцового экрана, либо расположение свинца в задней части кассеты или держателя пленки, либо и то и другое, будет обеспечивать адекватную защиту от обратно рассеиваемого излучения. В других случаях это можно сопровождать добавлением свинцового ограждения за кассетой или держателем пленки.

12.2 Если возникает какое-либо сомнение в адекватности защиты от обратно рассеиваемого излучения, к задней части кассеты или держателя пленки следует прикреплять характерный символ (часто это буква *B* толщиной 1/8 дюйма (3,2 мм)), и получать рентгенограмму обычным способом. Если изображение этого символа на рентгенограмме получается с меньшей плотностью почернения, чем фон, это означает, что защита от обратно рассеиваемого излучения недостаточная, и что следует предпринимать дополнительные меры предосторожности.

### 13. Экраны

#### 13.1 Экраны из металлической фольги:

13.1.1 Экраны из свинцовой фольги широко используются в прямом контакте с пленками и, в зависимости от их толщины и химического состава материала образца, должны оказывать усиливающее действие при таком низком напряжении, как 90 кВ. Кроме того, любой экран, используемый перед пленкой, действует как фильтр (Раздел 10), преимущественно поглощая излучение, идущее от образца, улучшая таким образом качество рентгенограммы. Выбор толщины свинцового экрана или, в сущности, толщины любого металлического экрана, должен учитывать те же проблемы, которые описаны в параграфе 10.4. Свинцовые экраны снижают рассеяние, достигающее пленки независимо от того, позволяют ли эти экраны снижать или требуют увеличения рентгенографической экспозиции. Чтобы избежать нерезкости, являющейся следствием использования экранов, следует во время экспозиции иметь тесный контакт между свинцовым экраном и пленкой.

13.1.2 Экраны из свинцовой фольги соответствующей толщины следует использовать, когда они улучшают качество рентгенограммы или эталона чувствительности, или и то и другое. Толщину передних свинцовых экранов следует выбирать с осторожностью, чтобы избежать чрезмерной фильтрации при рентгеновском контроле тонких материалов или легких сплавов, особенно, при более низких киловольтах. В общем, использование передних и задних свинцовых экранов толщиной 0,005 дюйма при энергиях ниже 125 кВ в случае рентгенографического контроля стали толщиной ¼ дюйма (6,35 мм) или меньше не дает никаких преимуществ в экспозиции. Однако, по мере увеличения киловольт для проникания в более толстые стальные сечения, это дает значительные выгоды в экспозиции. Кроме усиливающего действия, задние свинцовые экраны используются в качестве защиты от обратно рассеиваемого излучения (смотри Раздел 12), и для такого действия важна только их толщина. По мере увеличения энергии облучения для проникания на большую толщину в данный материал, принято увеличивать толщину свинцового экрана. Что касается рентгенографии с использованием радиоактивных источников, минимальная толщина переднего свинцового экрана должна составлять 0,005 дюйма (0,13 мм) для иридия-192 и 0,010 дюйма (0,25 мм) для кобальта-60.

#### 13.2 Другие материалы для металлических экранов:

13.2.1 Экраны из окиси свинца действуют аналогично экранам из свинцовой фольги, за исключением того, что их эквивалентность в толщине свинцовой фольги составляет примерно 0,0005 дюйма (0,013 мм).

13.2.2 Медные экраны имеют немного меньшее поглощение и эффективность, чем свинцовые экраны, но могут приводить к более высокой радиографической чувствительности с более высокой энергией выше 1 МВ.

13.2.3 В тех случаях, когда нельзя использовать свинец, можно использовать экраны из золота, тантала или других тяжелых металлов.

13.3 *Флуоресцентные экраны* – Когда требуется достигать заданного качества изображения, можно использовать флуоресцентные экраны. Для снижения нерезкости изображения требуется правильный выбор флуоресцентного экрана. Техническую информацию о конкретных изделиях с флуоресцентными экранами можно получить от изготовителей. Для успешного применения флуоресцентных экранов требуется хороший контакт экрана с пленкой и чистота экрана. Дополнительная информация по использованию флуоресцентных экранов приведена в Приложении X1.

13.4 *Обращение с экранами* – Со всеми экранами нужно обращаться осторожно, чтобы не допускать на активных поверхностях наличия зарубок и царапин, грязи или жира. Удалять жир и пушинки со свинцовых экранов можно с помощью растворителя. Флуоресцентные экраны следует чистить в соответствии с рекомендациями изготовителя. Экраны с видимыми физическими повреждениями следует браковать.

### 14. Качество рентгенографического изображения

14.1 *Качество рентгенографического изображения* – это качественный термин, используемый для описания способности рентгеновского снимка демонстрировать дефекты в исследуемой зоне. Существует три фундаментальных составляющих качества рентгенографического изображения, как показано на Рис. 1. Каждая составляющая является важным атрибутом при рассмотрении конкретного рентгенографического метода или применения, и кратко описывается ниже.

14.2 *Рентгенографическая контрастность* между двумя зонами рентгеновского снимка – это разность между плотностями почернения пленки в этих зонах. Степень рентгенографического контраста зависит как от контраста объекта, так и от контрастности пленки, как показано на Рис. 1.

14.2.1 *Контраст объекта* – это отношение интенсивностей рентгеновского или гамма излучения, пропускаемого двумя выбранными частями образца. Контраст объекта зависит от природы образца (тип и толщина материала), энергии (спектральный состав, жесткость или длины волн) используемого излучения, а также интенсивности и распределения рассеянного излучения. Он не зависит от времени, тока в миллиамперах или мощности источника (в Кюри), расстояния до источника и характеристик пленочной системы.

14.2.2 *Контрастность пленки* относится к наклону (ступенчатости) кривой, характеризующей пленочную систему. Контрастность пленки зависит от типа пленки, обработки, которую эта пленка получает, и от количественной плотности почернения пленки. Она также зависит от того, была ли данная пленка экспонирована с использованием свинцовых экранов (или без них) или с использованием флуоресцентных экранов. Для большинства практических прикладных задач контрастность пленки не зависит от длины волны или распределения излучения, достигающего пленку, и, следовательно, не зависит от контраста объекта. Более подробная информация изложена в Методе испытания E1815.

14.3 *Зернистость пленочной системы* является объективной мерой колебаний местной плотности почернения, которая дает ощущение зернистости на рентгеновской пленке (например, при измерении денситометром с малой апертурой  $\leq 0,0039$  дюйма (0,1 мм)). Зернистость — это субъективное восприятие структуры со случайно распределенными пятнами наблюдателем, который видит малые колебания местной плотности в зоне, имеющей общую однородную плотность (то есть, визуальное выражение неравномерности отложений серебра в обработанном рентгеновском снимке). Степень зернистости не должна влиять на общее пространственное рентгенографическое разрешение (выражаемое в парах линий на мм и т. п.) получаемого

Качество рентгенографического изображения				
Рентгенографический контраст		Зернистость пленочной системы	Рентгенографическая четкость	
Контраст объекта	Контрастность пленки		Собственная нерезкость	Геометрическая нерезкость
Зависит от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Разности поглощений в образце (толщина, состав, плотность)</li> <li>• Длины волны излучения</li> <li>• Рассеянного излучения</li> </ul>	Зависит от <ul style="list-style-type: none"> <li>• Типа пленки</li> <li>• Степени проявки (тип проявителя, время, температура и активность проявителя, температура перемешивания)</li> <li>• Плотности пленки</li> <li>• Типа экранов (то есть, флуоресцентный, свинцовый или никакого)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Размер зерна и распределение в пределах пленочной эмульсии</li> <li>• Условия обработки (тип и активность проявителя, температура проявителя и т.п.)</li> <li>• Тип экранов (то есть, флуоресцентный, свинцовый или никакого)</li> <li>• Качество излучения (то есть, уровень энергии, фильтрация и т.п.)</li> <li>• Кванты экспозиции (то есть интенсивность, доза и т.п.)</li> </ul>	Зависит от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Степени контакта экрана с пленкой</li> <li>• Общей толщины пленки</li> <li>• Один или два слоя эмульсионного покрытия</li> <li>• Качества излучения</li> <li>• Типа и толщины экранов (флуоресцентный, свинцовый или никакого)</li> </ul>	Зависит от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Фокусного пятна или физического размера источника</li> <li>• Расстояния от источника до пленки</li> <li>• Расстояния от образца до пленки</li> <li>• Резкости изменений толщины в образце</li> <li>• Перемещения образца или источника излучения</li> </ul>
Снижается или усиливается: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Использованием маскировки и диафрагм</li> <li>• Использованием фильтров</li> <li>• Использованием свинцовых экранов</li> <li>• Использованием отсеивающих диафрагм (Potter-Bucky)</li> </ul>				

**РИС.1 Переменные качества рентгенографического изображения**

изображения, и, как правило, не зависит от геометрии экспонирующих устройств. На зернистость воздействуют применяемые экраны, контакт пленки с экраном и условия обработки пленки. Более подробная информация о восприятии деталей изложена в Методе испытания E1815.

14.4 *Рентгенографическая четкость* относится к резкости изображения (как к контуру изображения, так и к деталям изображения). Рентгенографическая четкость зависит от собственной нерезкости пленочной системы и геометрии устройства рентгенографической экспозиции (геометрическая нерезкость), как иллюстрируется на Рис. 1.

14.4.1 *Собственная нерезкость ( $U_i$ )* – это степень видимой детализации, связанной с геометрическими аспектами внутри системы пленка-экран, то есть, контактом пленки с экраном, толщиной экрана, общей толщиной пленочных эмульсий, один или два эмульсионных слоя используется, качеством используемого излучения (длины волн и т.п.) и типом экрана. Собственная нерезкость не зависит от геометрии устройства экспозиции.

14.4.2 *Геометрическая нерезкость ( $U_g$ )* определяет степень видимой детализации, получаемой от «сфокусированного» устройства экспозиции, включающего расстояние между источником и пленкой, расстояние между объектом и пленкой и размер фокусного пятна. Эти условия иллюстрируются на Рис. 2(a). Геометрическая нерезкость выражается приведенным ниже уравнением:

$$U_g = F t / d_o \quad (1)$$

где:

$U_g$  = геометрическая нерезкость,

$F$  = максимальный проецируемый размер источника излучения,

$t$  = расстояние от объекта со стороны источника до пленки, и

$d_o$  = расстояние от источника до объекта.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 –  $d_o$  и  $t$  должны выражаться в одинаковых единицах измерения; единицы  $U_g$  должны быть такими же, что и единицы  $F$ .

ПРИМЕЧАНИЕ 4 – На Рис. 3 приводится номограмма для определения  $U_g$  (в единицах «дюймы-фунты»). На Рис. 4 представлена номограмма в метрических единицах.

Пример:

Дано:

Расстояние от источника до объекта ( $d_o$ ) = 40 дюймов,

Размер источника ( $F$ ) = 500 мил, и

Расстояние от объекта со стороны источника до пленки ( $t$ ) = 1,5 дюйма.

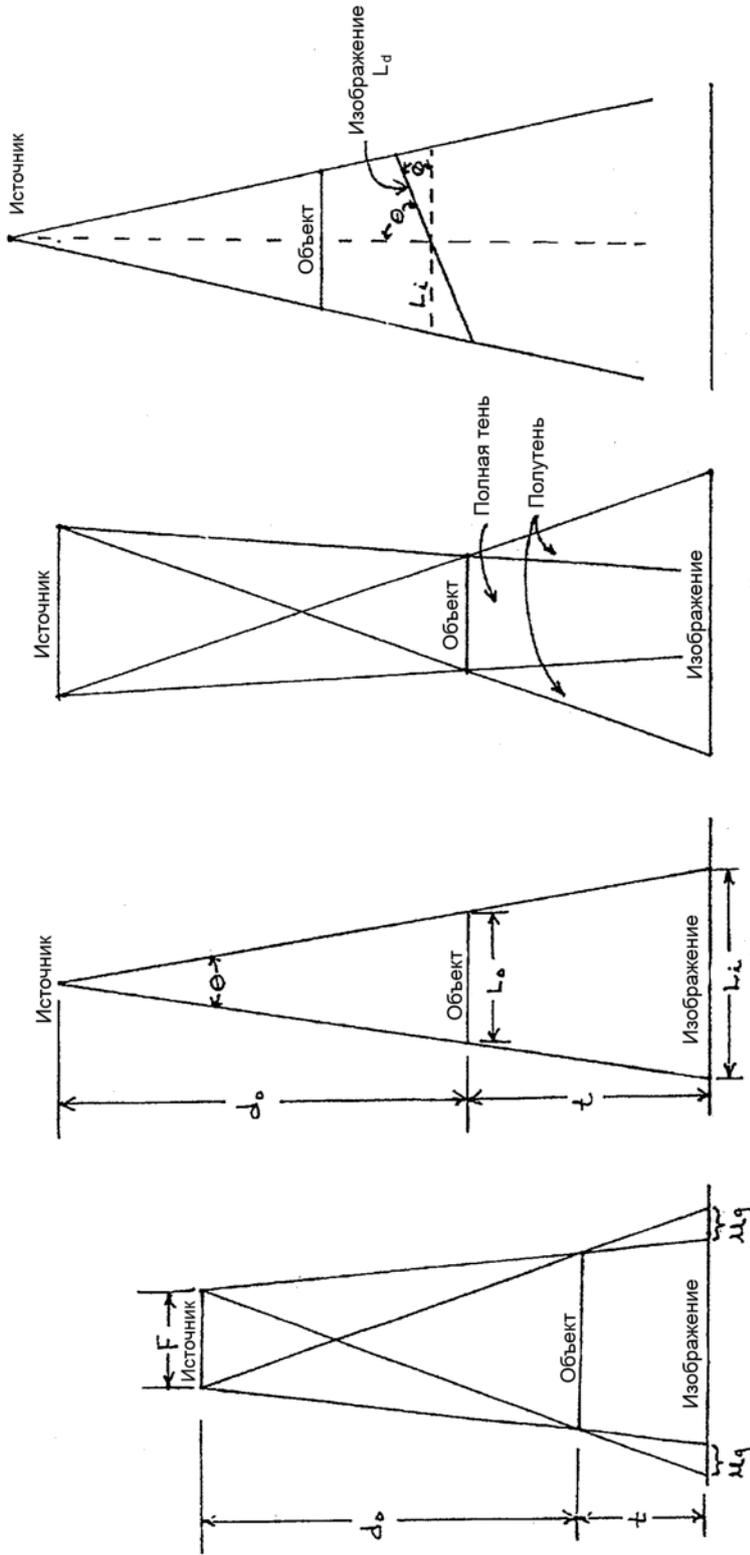
Проведите прямую линию (на Рис. 3 показана пунктиром) между 500 дюймами на шкале  $F$  и 1,5 дюймами на шкале  $t$ . Отметьте точку пересечения ( $P$ ) этой линии с линией вращения. Проведите прямую линию (сплошная линия на Рис. 3) от 40 дюймов на шкале  $d_o$  через точку  $P$  и продлите ее до шкалы  $U_g$ . Пересечение этой линии и шкалы  $U_g$  дает геометрическую нерезкость в милах, которая в данном примере составляет 19 миллов.

Поскольку размер источника,  $F$ , обычно для данного источника излучения является фиксированным, величина  $U_g$ , в основном, определяется простым отношением  $d_o/t$ .

Геометрическая нерезкость ( $U_g$ ) может сильно влиять на качество рентгеновского снимка; поэтому важно правильно выбирать расстояние от источника до пленки (SFD). Для информации и в качестве руководства можно использовать уравнение геометрической нерезкости, Ур.1, так как оно дает средства для определения значений геометрической нерезкости. При выборе рентгенографического метода количество или степень нерезкости следует минимизировать.

## 15. Рентгенографическое искажение

15.1 Рентгенографическое изображение объекта или элемента в пределах данного объекта может быть больше или меньше самого объекта или элемента, так как на фотографическом снимке редко видна размытость границ тени. Поэтому, изображение должно быть больше, если объект или элемент больше источника излучения, и меньше, если объект или элемент меньше источника излучения. Степень уменьшения или увеличения будет зависеть от расстояний от источника до объекта и от объекта до пленки, а также от относительных размеров источника и объекта или элемента (Рис. 2(b) и (c)).



(a) Геометрическая нерезкость

$d_0$  = расстояние от источника до объекта  
 $t$  = расстояние от объекта до пленки  
 $F$  = самый большой размер источника или фокусного пятна  
 $u_g = F t / d_0$

(b) Рентгенографическое увеличение

$d_0$  = расстояние от источника до объекта  
 $t$  = расстояние от объекта до пленки  
 $L_0$  = размер объекта  
 $L_1$  = размер изображения  
 $L_1 - L_0 = \Delta L = 2t \times \tan \frac{1}{2} \theta$   
 Процентное у величение =  $\Delta L / L_0 \times 100$

(c) Рентгенографическое уменьшение

(изображение должно быть меньше объекта или элемента)

(d) Рентгенографическое искажение

$L_1$  = размер неискаженного изображения  
 $L_d$  = размер искаженного изображения  
 $L_d - L_1 = \Delta L$   
 Процентное искажение =  $(\Delta L / L_1) \times 100$

РИС.2 Влияния геометрии объект-пленка

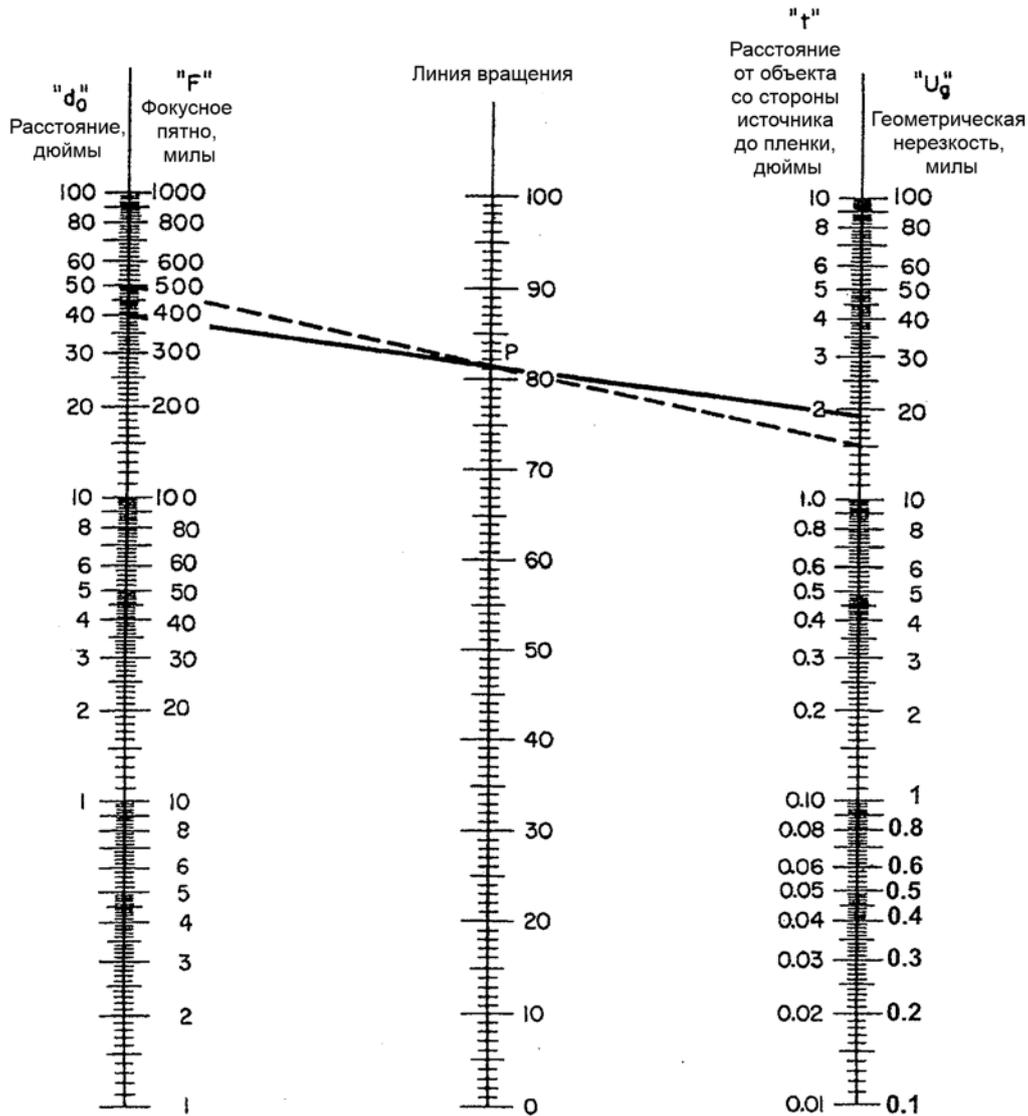


РИС. 3 Номограмма для определения геометрической нерезкости (единицы «дюйм-фунт»)

15.2 Центральный луч пучка излучения должен направляться перпендикулярно поверхности пленки, когда это возможно. Если пленка не выставлена перпендикулярно центральному лучу пучка, изображение объекта будет искажаться. Разные части изображения объекта будут искажаться по-разному, в зависимости от степени смещения пленки относительно центрального луча пучка (Рис. 2(d)).

### 16. Вычисления или схемы экспозиции

16.1 Составление или приобретение схем экспозиции или устройства для их вычисления лежит на ответственности конкретной лаборатории.

16.2 Важными элементами схемы или вычислителя экспозиции следует считать перечисленные ниже:

- 16.2.1 Источник или установка,
- 16.2.2 Тип материала,
- 16.2.3 Толщина материала,

- 16.2.4 Тип пленки (относительная скорость),
- 16.2.5 Плотность почернения пленки (смотри Примечание 5),

- 16.2.6 Источник или расстояние от источника до пленки,
- 16.2.7 Киловольты или тип изотопа.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 – Подробная информация по плотности почернения пленки и калибровке измерения плотности изложена в Практическом руководстве E1079.

- 16.2.8 Тип и толщина экрана,
- 16.2.9 Кюри или миллиамперы/минуты,
- 16.2.10 Время экспозиции,
- 16.2.11 Фильтр (в первичном пучке),
- 16.2.12 Время-температура проявки при ручной обработке; время выборки для автоматизированной обработки; время-температура проявки для сухой обработки, и
- 16.2.13 Торговая марка химикатов обработки, если применяются.

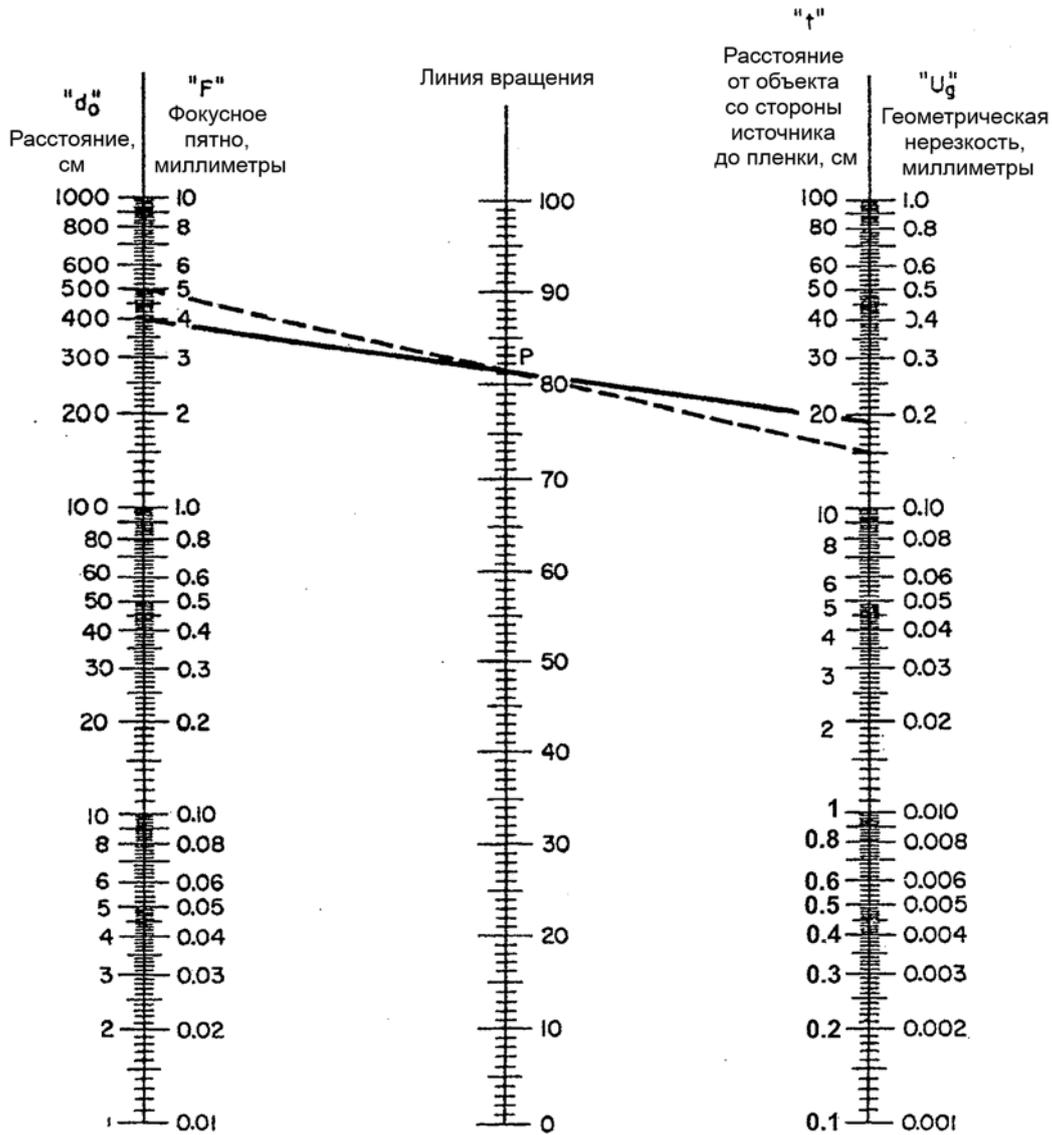


РИС. 4 Номограмма для определения геометрической нерезкости (метрические единицы)

16.3 Важные элементы, перечисленные в параграфе 16.2, должны быть точными для изотопов одинакового типа, но будут колебаться для рентгеновского оборудования, имеющего одинаковые данные по киловольтам и силе тока в миллиамперах.

16.4 Схемы экспозиции нужно разрабатывать для каждой рентгеновской установки и корректировать каждый раз, когда заменяется какой-либо главный компонент, такой как рентгеновская трубка или трансформатор высокого напряжения.

16.5 Схему экспозиции следует корректировать при переходе к другой торговой марке химикатов обработки, или в соответствии с данной схемой экспозиции можно регулировать зависимость времени-температуры процессора. Когда схема экспозиции используется с методом сухой обработки, ее нужно корректировать на базе температурно-временных изменений процессора.

## 17. Техническая запись

17.1 Рекомендуется хранить журнал записи рентгенографического метода или протокол, содержащий важные элементы.

17.2 Журнал или протокол данного рентгенографического метода должен содержать следующее:

- 17.2.1 Описание, фотографию или чертёж испытуемого объекта с иллюстрацией расположения меток, местоположения источника и местоположения пленки.
- 17.2.2 Тип и толщина материала,
- 17.2.3 Расстояние от источника до пленки,
- 17.2.4 Тип пленки,
- 17.2.5 Плотность почернения пленки (смотри Примечание 5),
- 17.2.6 Тип и толщина экрана,
- 17.2.7 Идентификация изотопа или рентгеновской установки,
- 17.2.8 Кюри или миллиамперы/минуты,
- 17.2.9 Толщина IQI и подкладки,
- 17.2.10 Специальные маски или фильтры.
- 17.2.11 Коллиматор или устройство ограничения поля,
- 17.2.12 Метод обработки, и
- 17.2.13 Область просмотра или местоположение.



17.3 Рекомендации, изложенные в параграфе 17.2, не являются обязательными, но они важны для снижения общих затрат на получение рентгеновского снимка, и служат коммуникативными средствами между интерпретатором рентгенографического снимка и оператором рентгенографии.

## 18. Эталоны чувствительности (Индикаторы качества изображения)

18.1 Подробную информацию по проектированию, изготовлению и группировке материалов IQI следует смотреть в Практических руководствах E747, E801, E1022 и E1742. Практическое руководство E801 описывает IQI для исследования электронных устройств и обеспечивает дополнительную информацию по расположению IQI, количеству IQI и так далее.

18.2 В Методах испытания E746 и E1735 приводится подробная информация по IQI, которые используются для определения относительного качества изображения промышленных пленок. Эти IQI можно также применять для измерения качества изображения рентгенографической системы или параметра эквивалентной эталонной чувствительности (EPS) любого компонента такой системы.

18.2.1 Ниже приводится пример определения и оценки параметра EPS нескольких рентгеновских установок:

18.2.1.1 Поддерживайте постоянными параметры пленки и обработки пленки, и для всех оцениваемых установок выполняйте по несколько экспозиций контроля качества изображения. Экспозиции должны быть такими, как задается в стандарте, и плотности почернения пленки должны уравниваться. Сравнивая полученные пленки, можно определять колебания EPS между этими установками.

18.2.2 Используя этот «диск», можно также изучать переменные условий воздействия.

18.2.3 В то время как Метод испытания E746 может быть полезен при количественном определении относительного качества рентгенографического изображения, могут быть полезны и эти другие применения данного «диска».

## 19. Идентификация и расположение меток на рентгенограммах

### 19.1 Идентификация рентгенограмм:

19.1.1 Каждая рентгенограмма должна иметь свою уникальную идентификацию, чтобы была постоянная связь между исследуемой деталью и пленкой. Тип идентификации и метод получения такой идентификации должен согласовываться между заказчиком и инспектором.

19.1.2 Минимальная идентификация должна быть следующей: идентификация и название рентгенографического устройства, дата, номер детали и серийный номер, если используется, для безошибочной идентификации рентгенограмм с данным образцом. Для обозначения рентгенографии отремонтированной зоны следует использовать букву "R", и можно включать цифры -1, -2 и т.д. для обозначения номера ремонта.

### 19.2 Метки местоположения:

19.2.1 Когда возможно, метки местоположения (то есть свинец или металлы с высоким атомным числом или буквы, которые на рентгенографической пленке появляются в виде изображений) следует располагать на исследуемой детали, а не на кассете. Их точные местоположения следует также отмечать на поверхности рентгенографически исследуемой детали, позволяя, таким образом, точно определять местоположение интересующей зоны на детали, и эти метки должны оставаться на детали во время рентгенографического контроля.

19.2.2 Метки местоположения используются также в помощь интерпретатору рентгенограмм для определения местоположения дефектных зон компонентов, отливок или дефектов в сварных изделиях; а также для сортировки хороших

и бракованных изделий, когда на одной и той же пленки получаются рентгенограммы более одного изделия.

19.2.3 Для обеспечения того, что на рентгенограмме получается требуемое покрытие исследуемого объекта, и что перекрытие очевидно, следует использовать достаточное количество меток, особенно, во время рентгенографического контроля сварных изделий и отливок.

10.2.4 Детали, которые должны иметь постоянную идентификацию, могут нести серийные номера или номера секций, или и то и другое, отштампованные или написанные маркировочной ручкой со специальными несмываемыми чернилами, выгравированные, выбитые пуансоном или выгравленные. В любом случае, деталь должна маркироваться в зоне, которая не удаляется при последующей обработке. Если используются пуансоны, следует соблюдать осторожность для предотвращения разлома или последующего усталостного разрушения. Для такой штамповки следует использовать поверхность детали, имеющую самое низко напряжение. Когда по каким-либо причинам маркировка или штамповка детали не допускается, рекомендуется иметь справочный чертеж с метками или эскиз съёмки.

## 20. Хранение пленки

20.1 Неэкспонированные пленки следует хранить таким образом, чтобы защищать их от воздействия света, давления, чрезмерного тепла, чрезмерной влажности, вредных дымов или паров, а также проникающей радиации. Изготовители пленок должны давать подробные рекомендации по хранению пленки. Хранение пленки должно быть организовано по принципу «первый поступил, первый использован».

20.2 Более подробная информация по хранению пленки изложена в Руководстве E1254.

## 21. Проверка безопасного освещения

21.1 Пленки следует обрабатывать в безопасных условиях в соответствии с рекомендациями изготовителей. Для определения адекватности безопасного освещения в темной комнате можно использовать ANSI PH2.22.

## 22. Чистота и обращение с пленкой

22.1 Чистота является одним из самых важных требований для правильного выполнения рентгенографического контроля. Кассеты и экраны следует содержать в чистоте не только потому, что оставшаяся грязь может вызывать артефакты при экспозиции и обработке рентгенограмм, но также и потому, что такая грязь может переноситься на рабочую скамью и дальше на другие пленки или экраны.

22.2 Поверхность рабочей скамьи следует содержать в чистоте. При ручной обработке чистоту следует поддерживать, устраивая темную комнату с устройствами для обработки на одной стороне, а с устройствами для манипуляции пленкой на другой стороне. Такая темная комната должна иметь мокрую сторону и сухую сторону, и должна снижаться возможность химического загрязнения рабочей скамьи.

22.3 Пленки нужно держать только за их кромки сухими, чистыми руками, чтобы избежать появления отпечатков пальцев на поверхностях пленки.

22.4 Следует избегать резких изгибов, чрезмерного давления и жесткого обращения любого рода.

## 23. Обработка пленки, общие положения

23.1 Для получения удовлетворительных рентгенограмм *следует* при обработке пленки соблюдать такую же осторожность, как и при выполнении экспозиции. Самый тщательный рентгенографический метод может быть сведен на нет неправильными или ненадлежащим образом выполненными методиками действий в темной комнате.



23.2 В Разделах 24 – 26 изложена общая информация по обработке пленок. Подробная информация по обработке пленок приведена в Руководстве E999.

## 24. Автоматизированная обработка

24.1 *Автоматизированная обработка* – Сущностью автоматизированной системы обработки является контроль. Процессор автоматически поддерживает правильную температуру химических растворов, автоматически перемешивает и обновляет растворы и механически перемещает пленки, тщательно контролируя чувствительность на протяжении всего цикла обработки. Характеристики пленок должны быть в соответствии с условиями обработки. Поэтому важно выполнять все рекомендации изготовителей пленки, процессора и химикатов.

24.2 *Автоматизированная обработка, сухая* – Сущностью сухой автоматизированной обработки является точный контроль времени и температуры проявки, который приводит к воспроизводимости рентгенографической плотности. Характеристики пленок должны быть в соответствии с условиями обработки. Поэтому важно выполнять все рекомендации изготовителей пленки и процессора.

## 25. Ручная обработка

25.1 Для получения подробных рекомендаций по ручной обработке пленок следует консультироваться с изготовителями пленок и химикатов. В этом разделе описываются этапы подходящего метода ручной обработки.

25.2 *Подготовка* – Нельзя обрабатывать большее количество пленки, чем то, которое может поместиться с минимальным разделением  $\frac{1}{2}$  дюйма (12.7 мм). Перед началом проявки растворы перемешиваются и загружаются подвесные устройства.

25.3 *Начало проявки* – Включите таймер и поместите пленку в бак с проявителем. Расположите ее с разделением не менее  $\frac{1}{2}$  дюйма (12.7 мм), и встряхивайте в двух направлениях в течение 15 с.

25.4 *Проявка* – Обычно проявка продолжается от 5 до 8 мин при температуре 68°F (20°C). Более длительные времена проявки обычно приводят к увеличению скорости проявки (светочувствительности) пленки и несколько большему контрасту. При выборе времени проявки следует выполнять рекомендации изготовителя. Когда температура выше или ниже, следует соответствующим образом корректировать время проявки. И опять же, следует выполнять рекомендации изготовителя по зависимости времени проявки от температуры. Следует выполнять все рекомендации изготовителя относительно времен пополнения, обновления растворов, а также другие специальные инструкции.

25.5 *Встряхивание* – Идеально во время проявки каждую минуту встряхивать пленку горизонтально и вертикально в течение нескольких секунд. Это способствует более равномерному проявлению пленки.

25.6 *Фиксажная ванна и промывка* – Когда проявление закончено, активность оставшегося на эмульсии проявителя следует нейтрализовать какой-либо кислотной фиксажной ванной или, если это невозможно, промывкой чистой водой с сильным встряхиванием. Выполняйте все рекомендации изготовителя относительно состава фиксажного раствора (или продолжительности альтернативной промывки), времени погружения и срока службы ванны.

25.7 *Закрепление* – В закрепителе пленки не должны касаться друг друга. Чтобы гарантировать однородное и быстрое закрепление, встряхивайте подвесные устройства вертикально в течение примерно 10 с, и еще раз в конце первой минуты. Держите пленки в закрепителе до тех пор, пока закрепление не закончится (то есть, не менее двукратного времени очистки), но не более 15 минут в относительно свежем закрепителе. Для сокращения времени закрепления, чаще встряхивайте.

25.8 *Нейтрализация закрепителя* – Между закреплением и промывкой для удаления следов гипосульфита может быть полезным использовать промывочную жидкость или нейтрализатор закрепителя. Эти материалы позволяют снизить как время, так и количество воды, необходимое для адекватной промывки. Следует точно выполнять рекомендации изготовителя относительно подготовки, использования и полезного срока службы ванн.

25.9 *Промывка* – Эффективность промывки является функцией промывочной воды, ее температуры и потока, а также зависит от промываемой пленки. Как правило, при температуре ниже 60°F (16°C) промывка происходит очень медленно. Когда промывка выполняется при температурах выше 85°F (30°C), следует соблюдать осторожность, чтобы не оставлять пленки в воде при такой температуре слишком долго. Пленки следует промывать партиями, не загрязняя их новыми пленками, переносимыми из закрепителя. При нехватке места, когда добавляются пленки для промывки, частично промывочную пленку следует передвигать в направлении входного отверстия.

25.9.1 При каскадном методе промывки используется меньшее количество воды и обеспечивается лучшая промывка в течение такого же периода времени. Разделите промывочный бак на две секции (можно использовать два бака). Помещайте пленки из закрепителя во внешнюю секцию. После частичной промывки перемещайте партию пленки во внутреннюю секцию. Промывка заканчивается в свежей воде.

25.9.2 Для получения специальных рекомендаций относительно промывки, консультируйтесь с изготовителями.

25.10 *Смачивающий реагент* – Погружайте пленку примерно на 30 с в смачивающий реагент. Это способствует равномерному стеканию воды по пленке, облегчая быструю, равномерную сушку.

25.11 *Концентрации остаточного закрепителя* – Если закрепляющие химикаты не полностью удалены с пленки, со временем они будут вызывать формирование пятен или обесцвечивание проявленного изображения. Допустимые концентрации остаточного закрепителя зависят от того, должны ли пленки храниться для коммерческих целей (в течение от 3 до 10 лет), или они должны иметь архивное качество. Обработка с получением архивного качества желательна для всех рентгенограмм, независимо от превышений средней относительной влажности и температуры, которые могут иметь место в тропическом и субтропическом климате. Методы определения остаточных концентраций закрепителя можно найти в ANSI PH4.8, PH1.28 и PH1.41.

25.12 *Сушка* – Сушка зависит от (1) пленки (основание и эмульсия); (2) обработки (прочность эмульсии после промывки, использование смачивающего реагента); и (3) осушающего воздуха (температура, влажность, поток). Ручная сушка может колебаться от сушки в спокойном воздухе при температуре окружающей среды до такой высокой температуры, как 140°F (60°C), когда воздух подается вентилятором. И опять же, следует выполнять рекомендации изготовителей пленки относительно условий сушки. Предпринимайте меры предосторожности для натяжения пленки в подвесных устройствах, чтобы они не касались друг друга в осушителе. Слишком высокая температура сушки при низкой влажности может привести к неравномерному высыханию, и таких условий следует избегать.

## 26. Испытание проявителя

26.1 Желательно контролировать активность проявляющего раствора, используемого в рентгенографии. Это можно осуществлять, выполняя периодическую проявку полос пленки, экспонированных в строго контролируемых условиях, с ранжированными интенсивностями излучения или временем, или используя имеющуюся в продаже полоску, с тщательно контролируемой светочувствительностью и регрессией скрытого изображения.



## 27. Просмотр рентгенограмм

27.1 Подробная информация относительно требований, предъявляемых к осветителям, изложена в Руководстве E1390. Приведенные ниже параграфы дают общую информацию, которую нужно анализировать при использовании осветителей.

27.2 *Пропускание* – Осветитель должен обеспечивать свет такой интенсивности, чтобы освещать зоны рентгенограмм со средней плотностью без бликов, и должен равномерно рассеивать свет по всей зоне просмотра. Для рентгенограмм со средними плотностями считаются удовлетворительными имеющиеся в продаже флуоресцентные осветители; однако, для плотностей вплоть до 3.5 или 4.0 имеются осветители с более высокой яркостью свечения. Когда просматриваются рентгенограммы меньше смотрового отверстия, или для покрытия зон с низкой плотностью, чтобы исключить попадание в глаза зрителя любого постороннего света, должны предусматриваться маски.

27.3 *Отражение* – Рентгенограммы на прозрачной или полупрозрачной подложке можно просматривать в отраженном свете. Для предотвращения ярких бликов рекомендуется просматривать такие рентгенограммы в условиях рассеянного освещения. В определенных обстоятельствах для улучшения интерпретации изображения можно использовать оптическое увеличение.

## 28. Просмотровая комната

28.1 В просмотровой комнате предпочтительно обеспечивать мягкое освещение, а не полную темноту. Яркость окружающего фона должна быть такой же, как и интересующей зоны на рентгенограмме. Освещение комнаты следует организовывать таким образом, чтобы не было никаких отражений от поверхности исследуемой пленки.

## 29. Хранение обработанных рентгенограмм

29.1 Подробная информация по контролю и техническому обслуживанию при хранении рентгенограмм и неэкспонированных пленок изложена в Руководстве E1254. В приведенных ниже параграфах дается общая информация о хранении рентгенограмм.

29.2 Предпочтительно использовать конверты, имеющие краевую, а не центральную щель, которая запечатывается негигроскопичным клеем, так как некоторые клеи, используемые при производстве конвертов (смотри ANSI PH1.53), вызывают появление пятен и обесцвечивание изображения.

## 30. Записи

30.1 Рекомендуется вести журнал проверок (такой журнал может состоять из картотеки, системы перфокарт, книги или

других записей), который фиксирует каждую выполняемую работу. Такая запись должна содержать, прежде всего, номер работы (этот номер также должен иметь место и на пленке), идентификацию деталей, материала или зоны, подвергающейся рентгеновскому контролю, дату экспонирования пленок и полную запись рентгенографической методики, с достаточным количеством подробностей, чтобы можно было легко повторить используемый рентгенографический метод. Если для определения данной методики используются калибровочные данные или другие записи, такие как картотеки или процедуры, в журнале следует указывать только соответствующие данные или другую запись. В последствии для каждой работы следует заносить результаты и решения (приемка или браковка), принятые интерпретатором, если таковые имели место, и данные интерпретатора.

## 31. Отчеты

31.1 Когда требуются письменные отчеты рентгенографического контроля, они должны включать перечисленные ниже пункты плюс все другие пункты, которые могут быть согласованы:

31.1.1 Идентификацию деталей, материала и зоны.

31.1.2 Номер работы по рентгенографическому контролю.

31.1.3 Результаты и решения, если таковые сделаны. Эту информацию можно получать непосредственно из журнала.

## 32. Идентификация выполненной работы

32.1 Когда рентгенограмма является средством проверки (а не исследования), принят данный материал или отбракован, все детали и материал, которые были приняты, должны нести постоянную маркировку, если возможно, представляющую характерный идентифицирующий символ, который должен указывать всем следующим или конечному эксперту на факт рентгенографической приемки.

32.2 Когда возможно, выполненные рентгенограммы следует хранить для ссылки на них. Хранение рентгенограмм и срок их хранения должны согласовываться между сторонами, заключающими контракт.

## 33. Ключевые слова

33.1 вычисления экспозиций; пленочная система; гамма излучение; индикатор качества изображения (IQI); рентгенограмма, рентгенографическое исследование; уровень рентгенографического качества; технический файл; рентгеновское излучение

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## (Необязательная информация)

### X1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ЭКРАНОВ

X1.1 *Описание* – Усиливающие флуоресцентные экраны имеют картонную или пластмассовую подложку, покрытую равномерным слоем неорганического люминофора (кристаллическое вещество). Подложка и люминофор удерживаются вместе связующим материалом, пропускающим рентгеновское излучение. Флуоресцентные экраны получили свое название в связи с тем фактом, что под воздействием рентгеновского или гамма излучения их кристаллы люминофора «флуоресцируют» (излучают видимый свет). Некоторые люминофоры, вроде вольфрамата кальция ( $\text{CaWO}_4$ ),

испускают синий свет, тогда как другие, известные как редкоземельные, испускают зеленый свет.

X1.2 *Задача и типы пленки* – Экспозиции с флуоресцентными экранами, как правило, много короче, чем экспозиции, выполняемые без экранов или со свинцовыми усиливающими экранами, так как рентгеновские пленки обычно более чувствительны к видимому излучению, чем к рентгеновскому излучению, гамма излучению и электронам.

X1.2.1 Пленки делятся на две категории: «неэкранные» пленки, имеющие среднюю реакцию на свет, и «экранные» пленки, специально сенсibilизированные, чтобы иметь очень высокую чувствительность к синему или зеленому свету. Флуоресцентные экраны могут снижать традиционные экспозиции до 150 раз, в зависимости от типа пленки.

X1.3 *Качество изображения и применение* – Связанное с флуоресцентными экранами качество изображения является функцией резкости, ряби и контраста. Резкость экрана зависит от размера зерен люминофора, толщины кристаллического слоя и отражающего нижнего слоя. Каждый кристалл излучает свет, связанный с его размером, и, таким образом, во всех направлениях формируется относительная степень нерезкости изображения. Чтобы минимизировать эту нерезкость, контакт экрана с пленкой должен быть как можно более тесный. Рябь негативно влияет на качество изображения двумя способами. Во-первых, «квантовая» рябь зависит от величины рентгеновского или гамма излучения, реально поглощаемого флуоресцентным экраном, то есть, более чувствительная система экран/пленка формирует большую рябь и, следовательно, дает изображение худшего качества. «Структурная» рябь, которая является функцией размера кристаллов, кристаллической неоднородности и толщины слоя, минимизируется использованием экранов, имеющих малые, равномерно распределенные кристаллы в тонком кристаллическом слое. Флуоресцентные экраны имеют высокую чувствительность к более длинноволновому рассеянному излучению. Следовательно, для увеличения контраста, когда велика доля не формирующего изображение излучения, рекомендуется использовать металлические флуоресцентные усиливающие экраны или флуоресцентные экраны со свинцовыми экранами соответствующей толщины. Технология изготовления экранов значительно продвинулась в последние годы, и на настоящий момент флуоресцентные экраны имеют значительно меньшие размеры кристаллов, более

равномерное расположение кристаллов и сниженную толщину люминофора. Это приводит к большей чувствительности системы экран/пленка, со сниженной нерезкостью и рябью. Эти усовершенствования могут давать значительные преимущества промышленной рентгенографии, как показывают приведенные ниже три примера:

X1.3.1 *Сниженная экспозиция (повышенная производительность)* – Существуют обстоятельства, в которых чрезмерно продолжительные времена экспозиции делают непрактичной традиционную рентгенографию. Примером является проверка толстых материалов с высоким атомным числом изотопами, имеющими низкое значение в Кюри. В зависимости от многих переменных, при использовании соответствующей комбинации флуоресцентный экран/пленка, время экспозиции можно снижать с коэффициентом от 2х до 150х.

X1.3.2 *Улучшенные условия обеспечения безопасности (испытания на месте)* – Так как флуоресцентные экраны позволяют снизить экспозицию, продолжительность времени, на которое следует эвакуировать с места выполнения рентгенографического контроля не занятых в таких исследованиях рабочих, может быть значительно снижена.

X1.3.3 *Расширенные возможности оборудования* – Использование передовых флуоресцентных экранов с повышенной чувствительностью приводит к снижению энергетического уровня. Примером является то, что рентгеновская трубка мощностью 150 кВ может работать как трубка мощностью 300 кВ, или что иридий-192 можно использовать в применениях, обычно требующих использования кобальта-60. Общее качество изображения при более низких кВ с флуоресцентными экранами может быть лучше, чем при более высоких уровнях энергии со свинцовыми экранами.

## БИБЛИОГРАФИЯ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ РАДИОГРАФИИ

Для краткости, настоящая библиография ограничена списком книг и, в частности, книгами на английском языке, опубликованными после 1950 года.

- (1) Clark, G. L., *Применяемое рентгеновское излучение*, 4-я ред., McGraw Hill Book Co., Inc., New York, 1955.
- (2) Clauser, H. R., *Практическая радиография для промышленности*, Reinhold Publishing Corp., New York, 1952.
- (3) Hogarth, C. A., and Blitz, J. (Редакторы), *Методы неразрушающих испытаний*, Butte Worth и Co., Ltd., London, 1960.
- (4) McMaster, R. C. (Editor), *Справочник по неразрушающим испытаниям*, The Ronald Press, New York, 1960.
- (5) Morgan, R. H., and Corrigan, K. E. (Editors), *Справочник по радиографии*, The Year Book Publishers, Inc., Chicago, 1955.
- (6) Reed, M. E., *Кобальт-60. Радиография в промышленности*, Tracer-lab, Inc., Boston, 1954.
- (7) Robertson, J. K., *Радиологическая физика*, 3-я ред., D. Van Nostrand Company, New York, 1956.
- (8) Weyl, C., and Warren, S. R., *Радиологическая физика*, 2-я ред., Charles C. Thomas, Springfield, IL, 1951.
- (9) Wilshire, W. J. (Editor), *Руководство по промышленной радиографии*, Edward Arnold and Company, London, 1957.
- (10) McGonagle, W. J., *Неразрушающие испытания*, McGraw Hill Book Co., Inc., New York, 1961.
- (11) *Справочник по радиологии*, пересмотренная редакция, Atomic Energy of Canada Ltd. Ottawa, Ont., 1950.
- (12) *Статьи по радиографии*, ASTM STP 96, ASTM, 1950.
- (13) *Симпозиум по вопросу о роли неразрушающих испытаний в экономике производства*, ASTM STP 112, ASTM, 1951.
- (14) *Радиоизотопный метод*, Том II, H. M. Stationery Office, London, 1952.
- (15) *Симпозиум по неразрушающим испытаниям*, ASTM STP 145, ASTM, 1953.
- (16) *Меморандум о гамма-источниках для радиографии*, пересмотренная редакция, Institute of Physics, London, 1954.
- (17) *Статьи по неразрушающим испытаниям*, см. материалы ASTM, Том 54, 1954.
- (18) *Радиография в современной промышленности* (3-я ред.), Eastman Kodak Co., Rochester, NY, 1969.
- (19) *Симпозиум по неразрушающим испытаниям в местах эксплуатации ядерной энергии*, ASTM STP 223, ASTM, 1958.
- (20) *Справочные материалы радиографиста* (3-я ред.), E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc., Wilmington, DE, 1974 (или последний пересмотр).



*ASTM International не занимается вынесением решений относительно действительности любых патентных прав, заявляемых в связи с любым объектом, упоминаемым в настоящем стандарте. Пользователям этого стандарта в явной форме сообщается, что на них возлагается вся полнота ответственности за определение действительности любых таких патентных прав и риска нарушения таких прав.*

*Настоящий стандарт может быть пересмотрен в любой момент времени ответственным техническим комитетом и должен пересматриваться раз в пять лет; в случае несоблюдения требования о пересмотре он должен быть либо повторно утвержден, либо отозван. Мы с готовностью рассмотрим ваши предложения по изменению этого стандарта или по составлению дополнительных стандартов; они должны направляться по адресу штаб-квартиры ASTM International. Ваши замечания будут внимательно рассмотрены на совещании ответственного технического комитета, на котором вы можете присутствовать лично. Если вы полагаете, что ваши замечания не были заслушаны должным образом, вы должны довести свое мнение до сведения Комитета по стандартам ASTM по приведенному ниже адресу.*

*Авторские права на этот стандарт принадлежат ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States – США. Отдельные репринты (в одном или нескольких экземплярах) настоящего стандарта можно получить, связавшись с ASTM по указанному выше адресу или по номеру 610-832-9585 (телефон), 610-832-9555 (факс), по адресу [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (электронная почта), или через веб-сайт ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)). Разрешение на снятие фотокопий данного стандарта может быть также получено через веб-сайт ASTM ([www.astm.org/COPYRIGHT/](http://www.astm.org/COPYRIGHT/)).*