
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION

(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
ISO 17636-1–
202X

Неразрушающий контроль сварных соединений
РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Часть 1

**Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с
применением пленки**

(ISO 17636-1:2022, IDT)

Проект, окончательная редакция

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его
утверждения

Москва
20XX

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны», Негосударственным образовательным учреждением дополнительного профессионального образования «Научно-учебный центр «Контроль и диагностика» («НУЦ «Контроль и диагностика») и Акционерным обществом «Русский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (АО «РусНИТИ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № _____ от _____ 202 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ 20 г. № _____ межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 17636-1–20__ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с _____ 20 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 17636-1:2022 «Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 1. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением пленки» («Non-destructive testing of welds Radiographic testing Part 1: X- and gamma-ray techniques with

film», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 44 «Сварка и родственные процессы», подкомитетом SC5 «Контроль и исследование сварных швов» Международной организации по стандартизации (ISO) в соответствии с Соглашением о техническом сотрудничестве между ISO и CEN (Венское Соглашение).

В комплекс стандартов ISO 17636 под общим наименованием «Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль» входят:

- Часть 1. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением пленки;
- Часть 2. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением цифровых детекторов.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА.

6 ВЗАМЕН ГОСТ ISO 17636-1–2017

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© ISO, 2022

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 202_



В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения.....	
4 Обозначения и сокращения.....	
5 Классификация способов радиографического контроля.....	
6 Основные подготовительные операции и требования.....	
7 Рекомендуемые способы получения радиографических снимков	
8 Протокол контроля.....	
Приложение А (обязательное) Рекомендуемое количество экспозиций, обеспечивающее приемлемый контроль кольцевых стыковых сварных швов.....	
Приложение В (обязательное) Минимальные значения показателей качества изображения.....	
Приложение С (справочное) Выбор максимальных напряжений на трубке рентгеновского излучения по рис. 20.....	
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам.....	

Неразрушающий контроль сварных соединений РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Часть 1

Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением пленки

Non-destructive testing of welds. Radiographic testing. Part 1. X- and gamma-ray techniques with film

Дата введения – 202_–__–__

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает способы радиографического контроля сварных соединений металлических материалов, выполненных сваркой плавлением, с применением промышленной радиографической пленки с целью получения снимков, пригодных к расшифровке. Способы основаны на общепризнанной практике и физической теории по предмету рассмотрения.

Настоящий стандарт применим к сварным соединениям из листового проката и труб. Под трубой в настоящем стандарте понимают любые цилиндрические полые тела, такие как корпуса котлов, сосуды под давлением, напорные трубопроводы и т.п.

В настоящем стандарте не установлены уровни приемки для любых изображений дефектов, обнаруженных на радиографическом снимке. Стандарты серии ISO 10675 устанавливают требования об уровнях приемки при контроле сварных швов.

Если по согласованию между изготовителем и заказчиком применены более низкие критерии контроля, то полученные результаты возможно будут ниже, чем в случае применения требований настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных – последнее издание (включая все

изменения)]:

ISO 5576, Non-destructive testing – Industrial X-ray and gamma-ray radiology – Vocabulary (Контроль неразрушающий. Промышленная радиография с использованием рентгеновского и гамма-излучения. Словарь)

ISO 9712, Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel (Неразрушающий контроль. Квалификация и сертификация персонала неразрушающего контроля)

ISO 11699-1, Non-destructive testing – Industrial radiographic film – Part 1: Classification of film systems for industrial radiography (Контроль неразрушающий. Радиографические пленки для промышленной радиографии. Часть 1. Классификация пленочных систем для промышленной радиографии)

ISO 11699-2, Non-destructive testing – Industrial radiographic films – Part 2: Control of film processing by means of reference values (Контроль неразрушающий. Радиографические пленки для промышленной радиографии. Часть 2. Контроль обработки пленок с помощью опорных значений)

ISO 19232-1, Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 1: Image quality indicators (wire type) – Determination of image quality value (Контроль неразрушающий. Качество изображений на радиографических снимках. Часть 1. Определение значения показателя качества изображения с использованием индикаторов качества изображения проволочного типа)

ISO 19232-2, Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 2: Image quality indicators (step/hole type) – Determination of image quality value (Неразрушающий контроль. Качество изображения на радиографических снимках. Часть 2. Определение значения качества изображения с использованием индикаторов качества изображения типа шаг/отверстие)

ISO 19232-4, Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 4: Experimental evaluation of image quality values and image quality tables (Неразрушающий контроль. Качество изображения на радиографических снимках. Часть 4. Экспериментальная оценка значений качества изображения и таблицы качества изображения)

ASTM E 747, Standard Practice for Design, Manufacture and Material Grouping Classification of Wire Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology (Общепринятая методика по конструкции, изготовлению и классификации материалов по группам для

индикаторов качества изображения (IQI) проволочного типа, применяемых в радиографии)

EN 12543 (все части), Non-destructive testing – Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing (Неразрушающий контроль. Характеристики фокусных пятен в промышленных рентгеновских установках для неразрушающего контроля)

EN 12679, Non-destructive testing – Determination of the size of industrial radiographic sources – Radiographic method (Неразрушающий контроль. Определение размеров источников для промышленной радиографии. Радиографический метод)

JIS Z2306, Radiographic image quality indicators for non-destructive testing (Индикаторы качества изображения для радиографического метода неразрушающего контроля)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO 5576, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **номинальная толщина, t** (nominal thickness): Толщина основного металла без учета допусков на изготовление.

3.2 **изменение просвечиваемой толщины, Δt** (penetration thickness change): Изменение толщины (3.3) относительно номинальной толщины (3.1) при изменении угла излучения.

3.3 **просвечиваемая толщина, w** (penetrated thickness): Толщина материала в направлении оси пучка излучения, вычисляемая на основе номинальной толщины (3.1) всех просвечиваемых стенок и измеренная вдоль центральной оси пучка излучения.

3.4 **расстояние от объекта контроля до пленки, b** (object-to-film distance): Расстояние между обращенной к источнику излучения стороной объекта контроля, подвергаемой радиографическому контролю, и поверхностью пленки, измеренное вдоль центральной оси пучка излучения.

Примечание — Может применяться сокращённый термин OFD.

3.5 **размер источника, d** (source size): Размер активной части источника излучения или размер фокусного пятна.

Примечание — См. EN 12543 или EN 12679.

3.6 расстояние от источника излучения до пленки, SFD (source-to-film distance): Расстояние между источником излучения и пленкой, измеренное в направлении центральной оси пучка излучения (фокусное расстояние).

Примечание — $SFD = f + b$,

где f – расстояние от источника излучения до объекта контроля (3.7);

b – расстояние от объекта контроля до пленки (3.4).

3.7 расстояние от источника излучения до объекта контроля, f (source-to-object distance): Расстояние между источником излучения и стороной объекта контроля, обращенной к источнику, измеренное вдоль центральной оси пучка излучения.

Примечание — Может применяться сокращённый термин SOD.

3.8 наружный диаметр, D_e (external diameter): Номинальный наружный диаметр трубы.

3.9 зона сварного соединения, подлежащая расшифровке (weld area to evaluate, WAE): Область, подлежащая радиографическому контролю, в которую входит сварной шов и зона термического влияния с обеих сторон (3.11).

3.10 область контроля (area of interest, Aoi): Наименьшая область, которую следует подвергнуть радиографическому контролю, включающая в себя сварной шов, зону термического влияния с обеих сторон (3.11), свинцовые буквы, маркировочные знаки и индикаторы качества изображения (IQI).

3.11 зона термического влияния, ЗТВ (heat-affected zone, HAZ): Участок рядом со сварным швом, на который при сварке воздействует процесс нагревания и охлаждения.

Примечание — Ширина ЗТВ принимается равной ширине сварного шва, но не менее 10 мм, которую следует учитывать при оценке.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены обозначения и сокращения, приведенные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Обозначения и сокращения

Обозначение или сокращение	Значение
Aoi	область контроля
b	расстояние от объекта контроля до пленки
b'	расстояние от объекта контроля до пленки, измеренное перпендикулярно объекту контроля
d	размер источника излучения
D_e	наружный диаметр
d_f	размер пленки, используемой для контроля
DWDI	(просвечивание) через две стенки с получением двойного изображения
DWSI	(просвечивание) через две стенки с получением одного изображения
f	расстояние от источника излучения до объекта контроля
f'	расстояние от источника излучения до объекта контроля, измеренное перпендикулярно объекту контроля
F	радиографическая пленка
f_{\min}	минимальное расстояние от источника излучения до объекта контроля
HAZ	зона термического влияния
IQI	индикатор качества изображения
S	источник излучения
SFD	расстояние от источника излучения до пленки
t	номинальная толщина
Δt	изменение просвечиваемой толщины
w	просвечиваемая толщина
WAE	зона сварного соединения, подлежащая расшифровке
β	угол раскрытия пучка излучения относительно центрального луча

П р и м е ч а н и е — Расстояние от источника излучения до детектора (SDD), используемое в цифровой радиографии (см. ISO 17636-2), равнозначно термину SFD в радиографии с применением пленки.

5 Классификация способов радиографического контроля

Способы радиографического контроля делятся на два класса качества испытаний:

- класс качества испытаний А: основные способы;
- класс качества испытаний В: улучшенные способы.

Способы класса качества испытаний В используются, когда способы класса качества испытаний А недостаточно чувствительны.

По согласованию между изготовителем и заказчиком возможно применение способа радиографического контроля выше класса качества изображений В путем указания всех необходимых параметров испытаний.

Выбор способа радиографического контроля должен быть согласован между изготовителем и заказчиком.

Если по техническим или производственным причинам невозможно выполнить одно из условий, указанных для класса качества изображений В, например, тип источника излучения или расстояние от источника до объекта f , то изготовитель и заказчик должны договориться о том, что данное условие будет принято для класса качества изображений А. Потеря чувствительности должна быть компенсирована увеличением минимальной плотности до 3,0 или выбором пленочной системы более высокого класса с минимальной оптической плотностью 2,6. Другие условия для класса качества изображений В должны быть оставлены без изменений, в особенности достигаемое качество изображения [см. таблицы В.1 – В.12 и 6.9]. При получении лучшей чувствительности, чем требуется, для класса качества изображений А, образец для испытаний считается испытанным для класса качества изображений В. Указанное условие не применимо, если было специально снижено SFD, как описано в 7.6, для испытательных схем по 7.1.4 и 7.1.5 (рис. 5 – 10).

6 Основные подготовительные операции и требования

6.1 Защита от ионизирующего излучения

ВНИМАНИЕ — Воздействие рентгеновского или гамма-излучения на любую часть человеческого тела чрезвычайно опасно для здоровья. В случае использования рентгеновского оборудования или источников радиоактивного излучения необходимо применять соответствующие требования по охране здоровья и безопасности.

Примечание — При использовании ионизирующего излучения необходимо строго соблюдать местные, федеральные или международные правила безопасности.

6.2 Подготовка поверхности и стадия производства

Как правило, подготовка поверхности не требуется, но, в случае, если состояние поверхности или наличие покрытия могут создать помехи при выявлении дефектов, поверхность должна быть очищена или с нее должно быть удалено покрытие.

Если спецификация на продукцию не оговаривает иное, то радиографический контроль должен проводиться после завершения всех первичных технологических операций производства (например, зачистки или термической обработки).

6.3 Расположение сварного шва на радиографическом снимке

Если на радиографическом снимке не отображаются границы сварного шва, то с каждой стороны за пределами контролируемого сварного шва следует поместить маркировочные знаки высокой плотности.

6.4 Идентификация радиографических снимков

На каждый участок объекта, контролируемого при помощи радиографии, следует поместить маркировочные знаки. Изображения этих знаков должны быть отображены на радиографическом снимке за пределами области оценки WAE и должны обеспечивать однозначную идентификацию участка. Если используется другая система маркировки, то она должна быть частью контрактной договоренности.

6.5 Маркировка

На объекте контроля должна быть выполнена постоянная маркировка, чтобы обеспечить наличие точек отсчета для точного определения положения каждого радиографического снимка (например, начало отсчета, направление, идентификация, мерный пояс).

Если свойства материала и (или) условия его эксплуатации не позволяют нанести постоянную маркировку, положение можно зарегистрировать с помощью точного эскиза или фотографии.

6.6 Перекрытие пленок

Если радиографический контроль участка сварного шва производится с применением двух или более отдельных пленок, они должны перекрывать друг друга с достаточным нахлестом для обеспечения полного охвата в центре области контроля A_{01} . Выполнение этого условия должно быть проверено по изображению на снимке маркировочного знака, изготовленного из материала высокой плотности и находящегося на поверхности объекта контроля, который должен отобразиться на каждой пленке.

6.7 Типы и положения индикаторов качества изображения

Качество изображения следует проверять при помощи индикаторов качества изображения (IQI), соответствующих ISO 19232-1 или ISO 19232-2. Вместо этих индикаторов качества изображения могут применяться индикаторы IQI по стандартам ASTM E 747 или JIS Z2306, если группа материала из которых они сделаны, лучше подходит к объекту или компоненту контроля. Таблицы перевода номеров проволок

по стандартам ASTM E 747, JIS Z2306 и ISO 19232-1 можно посмотреть в этих документах. По соглашению между изготовителем и заказчиком могут применяться другие индикаторы качества изображения IQI с тем же показателем ослабления излучения, что у объекта контроля, и с теми же размерами, что указаны в стандартах ISO 19232-1, ISO 19232-2.

Соответствующий IQI следует поместить на поверхность объекта контроля со стороны источника излучения в центре области контроля A_{01} , на основном металле, рядом со сварным швом. Идентификационные номера и свинцовая литера F (при ее применении) не должны находиться в области оценки WAE, за исключением случая, когда геометрическая конфигурация не позволяет это сделать. IQI должен плотно контактировать с поверхностью объекта контроля. IQI должен быть расположен на участке с равномерной толщиной, характеризуемом равномерной оптической плотностью на пленке.

В соответствии с типом используемого IQI следует рассмотреть следующие случаи:

а) при использовании IQI проволочного типа проволочки должны располагаться перпендикулярно сварному шву, и его расположение должно гарантировать, что не менее 10 мм длины проволочки видимы на участке с равномерной оптической плотностью, которая обычно бывает на основном металле, прилегающем к сварному шву. Для экспозиций, выполняемых в соответствии с 7.1.6 и 7.1.7 (рис. 11 и 12), IQI проволочного типа должен быть помещен проволочками поперек оси трубы, при этом не рекомендуется, чтобы они проецировались на изображение сварного шва. Видимая длина проволочки может быть не более 10 мм для труб с наружным диаметром менее 50 мм. В этом случае видимая длина проволочки должна быть не более 20 % от наружного диаметра трубы;

б) при использовании IQI типа ступень/отверстие, он должен располагаться таким образом, чтобы отверстие требуемого размера располагались максимально близко к сварному шву.

Для экспозиций, выполняемых в соответствии с 7.1.4 и 7.1.5 (рис. 5 – 10), IQI используемого типа должен быть расположен как со стороны источника излучения (используйте таблицы В.1 – В.4), так и со стороны пленки. Если IQI не могут быть помещены со стороны источника излучения, то их помещают со стороны пленки. В этом случае качество изображения следует определять, как минимум однократно,

путем сравнительной экспозиции с одним IQI, помещенным со стороны источника излучения, и IQI, помещенным со стороны пленки, выполненной в тех же условиях.

При экспозициях через две стенки в соответствии с 7.1.6 и 7.1.7 (рис. 11 и 12) IQI помещается со стороны источника (используйте таблицы В.5 – В.8). По договоренности между изготовителем и заказчиком IQI может располагаться со стороны пленки (используйте таблицы В.9 – В.12).

При экспозиции через две стенки в соответствии с 7.1.8 (рис. 13 – 16), IQI используемого типа может располагаться со стороны пленки. Когда IQI располагается со стороны пленки, см. таблицы В.9 – В.12.

Если IQI помещается со стороны пленки, то рядом с IQI следует поместить литеру «F», видимую на радиографическом изображении, и это должно быть зафиксировано в протоколе контроля.

Если были предприняты меры, гарантирующие, что радиографические снимки аналогичных объектов контроля или их участков были получены при идентичных экспозициях и способах обработки и нет видимых различий в качестве изображения, то нет необходимости проверять качество изображения для каждого радиографического снимка. Объем проверки качества изображений рекомендуется согласовать между изготовителем и заказчиком.

Для экспозиции труб с центральным расположением источника излучения рекомендуется размещать, как минимум, три IQI с равными промежутками по окружности. Пленки, на которых имеются изображения IQI, считаются характерными для всей окружности.

6.8 Оценка качества изображения

Пленки должны просматриваться в соответствии с 7.10.

В ходе просмотра изображений IQI на радиографическом снимке следует определить номер наименьшей различимой проволоочки или отверстия. Изображение проволоочки считается приемлемым, если ясно виден ее сплошной участок с длиной минимум 10 мм на участке с равномерной оптической плотностью, обычно в ЗТВ возле сварного шва [см. 6.7 а) для труб малого диаметра]. В случае использования IQI типа ступень/отверстие, если имеется два отверстия с одинаковыми диаметрами, оба должны быть различимы, для того чтобы ступенька считалась видимой. Также см. 6.7 а) как исключение для контроля просвечиванием через две стенки с двойным изображением труб малого диаметра.

Полученное значение IQI должно быть указано в протоколе радиографического контроля. В любом случае тип использованного индикатора должен быть четко указан, как показано на самом IQI.

6.9 Минимальные значения показателей качества изображения

В таблицах В.1 – В.12 (приложение В) приведены минимальные значения показателей качества изображения для металлических материалов. Для других материалов эти или аналогичные требования могут быть согласованы между изготовителем и заказчиком и должны быть отмечены в протоколе контроля. Требования должны быть определены в соответствии с ISO 19232-4.

В случаях, когда для сплавов на основе меди, стали или никеля используются источники Ir 192 или Se 75, то могут считаться приемлемыми худшие показатели качества по IQI, чем те, что приведены в таблицах В.1 – В.12 (приложение В), с отметкой в протоколе контроля, а именно:

Способы получения двойного изображения через две стенки со значениями, указанными в таблицах с В.5 по В.12, классы качества изображений А и В ($w = 2t$):

- $10 \text{ мм} < w \leq 25 \text{ мм}$: меньше на один номер проволоочки или больше на один номер отверстия для Ir 192;
- $w \leq 12 \text{ мм}$: меньше на один номер проволоочки или больше на один номер отверстия для Se 75.

Способы получения одного изображения через одну стенку и одного изображения через две стенки со значениями, указанными в Таблицах с В.1. В.2, В.9 и В.10, класс качества изображений А:

- $10 \text{ мм} < w \leq 24 \text{ мм}$: меньше на два номера проволоочки или больше на два номера отверстия для Ir 192;
- $24 \text{ мм} < w \leq 30 \text{ мм}$: меньше на один номер проволоочки или больше на один номер отверстия для Ir 192;
- $w \leq 24 \text{ мм}$: меньше на один номер проволоочки или больше на один номер отверстия для Se 75.

Способы получения одного изображения через одну стенку и одного изображения через две стенки со значениями, указанными в Таблицах с В.3. В.4, В.11 и В.12, класс качества изображений В:

- $10 \text{ мм} < w \leq 40 \text{ мм}$: меньше на один номер проволоочки или больше на один номер отверстия для Ir 192;

- $w \leq 20$ мм: меньше на один номер проволочки или больше на один номер отверстия для Se 75.

При использовании Se 75 и просвечиваемой толщины материала менее 12 мм сложно добиться тех показателей IQI, которые требуются для испытаний по классу качества изображений В. В данном случае минимальную оптическую плотность необходимо увеличить до значения 3,0 и применять пленочную систему как минимум на один класс выше, чем это требуется по таблицам 3 или 4.

Если при использовании Se 75 и просвечиваемой толщины менее 12 мм нельзя добиться вышеуказанных показателей IQI, требуемые показатели IQI и условия контроля должны согласовываться между изготовителем и заказчиком на основании требований ISO 19232-4.

6.10 Квалификация персонала

Персонал, выполняющий неразрушающий контроль в соответствии с настоящим стандартом, должен быть сертифицирован в соответствии с ISO 9712 или эквивалентным стандартом на требуемый уровень в соответствующем промышленном секторе.

7 Рекомендуемые способы получения радиографических снимков

7.1 Схемы контроля

7.1.1 Общие положения

В общем случае, радиографический контроль следует осуществлять в соответствии со схемами по 7.1.2 – 7.1.9 (рис. 1 – 19). Рентгеновскую пленку следует помещать максимально близко к объекту.

Схема контроля на эллипс (просвечивание через две стенки с получением двойного изображения) в соответствии с рисунком 11 должна использоваться только для труб наружным диаметром $D_e \leq 100$ мм, толщиной стенки $t \leq 8$ мм и шириной сварного шва $\leq D_e/4$. Если отношение $t/D_e < 0,12$, то достаточно двух изображений, смещенных друг относительно друга на 90° ; в противном случае необходимы три изображения. Расстояние между двумя спроецированными изображениями шва должно быть примерно равно ширине сварного шва.

Когда затруднительно проведение контроля с использованием схемы на эллипс при $D_e \leq 100$ мм, можно использовать схему перпендикулярной съемки в соответствии

с 7.1.7 (см. рисунок 12). В таком случае требуются три экспозиции, отстоящие друг от друга на 120° или 60° в зависимости от доступа к области контроля вокруг трубы.

Для схем контроля, соответствующих рисункам 13 и 14, угол наклона оси пучка излучения должен быть как можно меньше, но в тоже время таким, чтобы не было наложения двух изображений. В соответствии с 7.6, для схемы, показанной на рисунке 13 и 14, расстояние от источника излучения до объекта контроля f' должно быть как можно меньше. IQI должен быть расположен со стороны пленки вплотную к пленке со свинцовой литерой F.

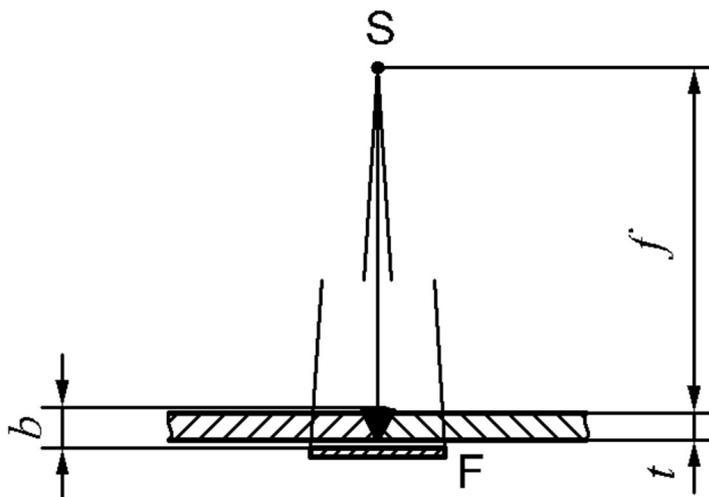
При необходимости, например, из-за особенностей геометрии детали или различий в толщине материала, по согласованию между изготовителем и заказчиком, могут быть использованы другие схемы и способы контроля, кроме указанных в 7.1.2 – 7.1.9 (рис. 1 – 19). В 7.1.9 (рис. 17 – 19) представлен пример такого случая. Помимо этого, компенсация толщины может осуществляться тем же материалом. Не допускается применение способа контроля с использованием нескольких пленок для уменьшения продолжительности экспонирования при однородном сечении.

Если радиационная защита является приоритетной задачей, по соглашению изготовителя и заказчика за одну экспозицию можно экспонировать не более двух пленок.

В приложении А приведено минимальное количество радиографических снимков, необходимое для полного покрытия всей окружности стыкового сварного шва в трубе.

П р и м е ч а н и е — если не указано иное, определения обозначений, использованных на рис. 1 – 21, приведены в разделе 4.

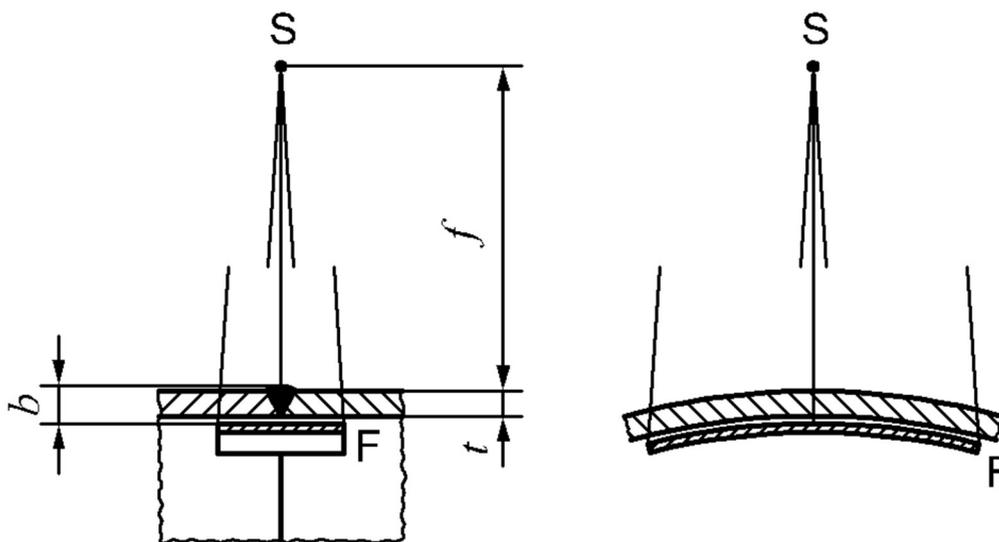
7.1.2 Просвечивание через одну стенку плоских объектов – рисунок 1.



П р и м е ч а н и е — Если расстояние b на рисунке 1 меньше $1,2 t$, то номинальная толщина t может использоваться для значений b , а f может рассматриваться как расстояние от источника до поверхности основного материала.

Рисунок 1 — Схема контроля для плоских сварных швов с источником излучения с одной стороны и пленкой с другой стороны

7.1.3 Просвечивание через одну стенку плоских объектов с источником снаружи объекта – рисунки 2 – 4.



П р и м е ч а н и е — Если расстояние b на рисунке 1 меньше $1,2 t$, то номинальная толщина t может использоваться для значений b , а f может рассматриваться как расстояние от источника до поверхности основного материала.

Рисунок 2 — Схема контроля изогнутых объектов с источником излучения снаружи и пленкой внутри

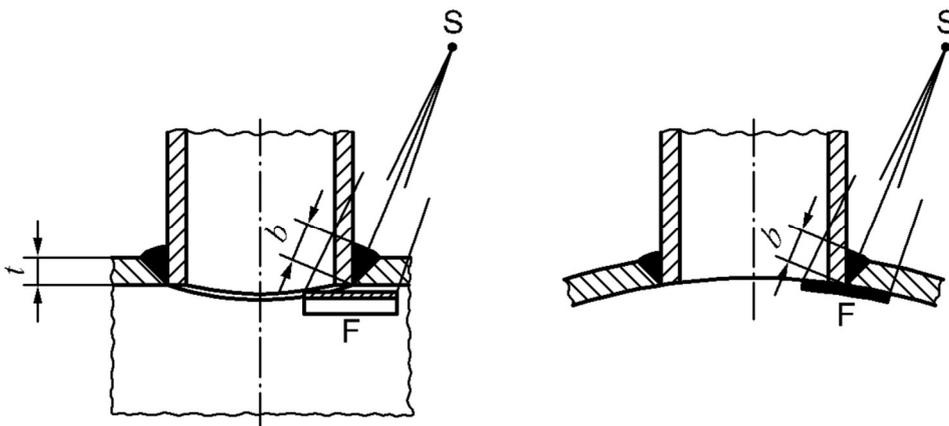


Рисунок 3 — Схема контроля изогнутых объектов при просвечивании через одну стенку (сварной шов вставной детали) с источником излучения снаружи и пленкой внутри

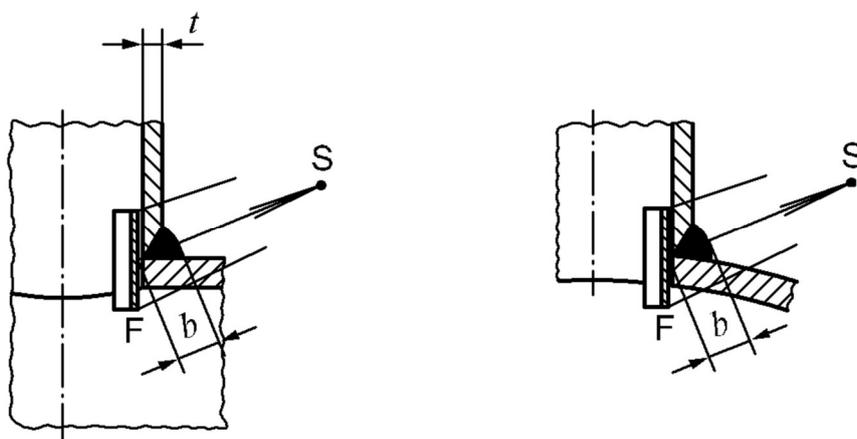


Рисунок 4 — Схема контроля изогнутых объектов при просвечивании через одну стенку (сварной шов наложенной детали) с источником излучения снаружи и пленкой внутри

7.1.4 Просвечивание через одну стенку изогнутых объектов с источником излучения в центре объекта контроля для панорамного просвечивания – рисунки 5 – 7.

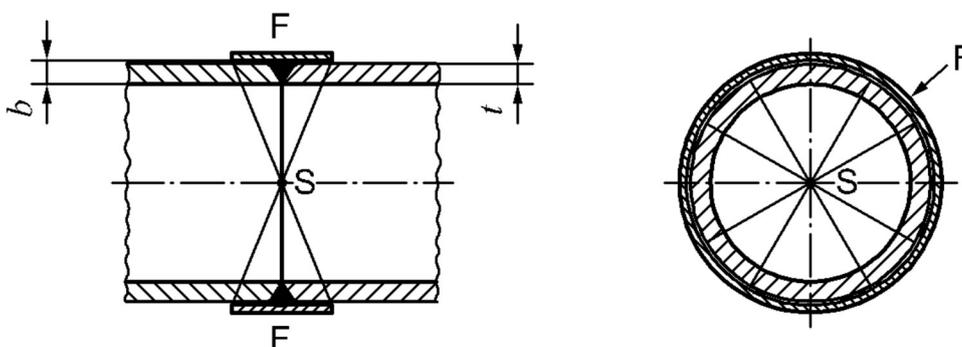


Рисунок 5 — Схема контроля сварных швов с расположением источника излучения в центре трубы (панорамный контроль) и пленкой снаружи

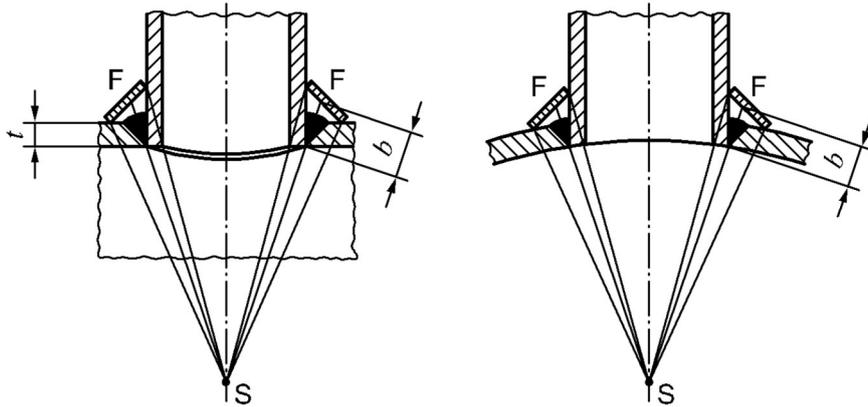


Рисунок 6 — Схема контроля сварных швов вставных деталей с источником излучения, расположенным на центральной оси трубы, перпендикулярно центру сварного шва, и пленкой снаружи

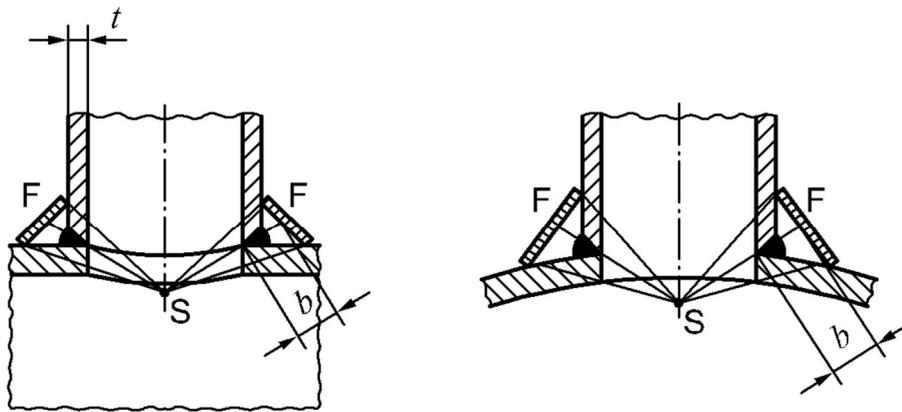


Рисунок 7 — Схема контроля сварных швов наложенных деталей с источником излучения, расположенным на центральной оси трубы перпендикулярно центру сварного шва и пленкой снаружи

7.1.5 Просвечивание через одну стенку изогнутых объектов с источником излучения, расположенным внутри и вне центра объекта – рисунки 8 – 10.

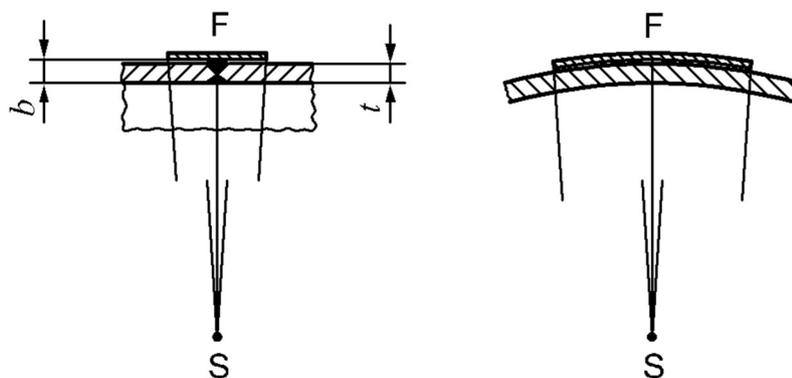


Рисунок 8 — Схема контроля сварных швов с источником, расположенным внутри и вне центра объекта и пленкой снаружи

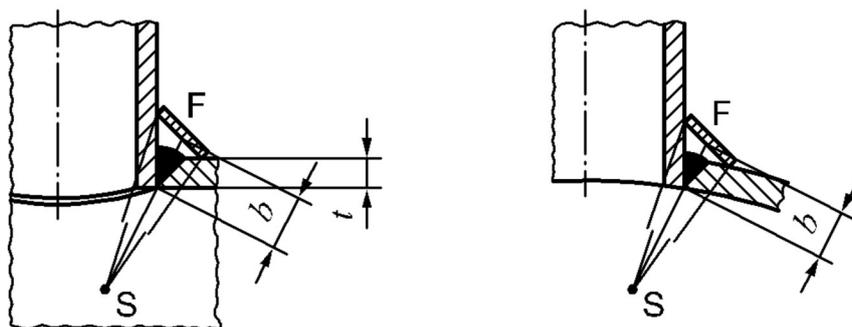


Рисунок 9 — Схема контроля сварных швов вставных деталей с источником излучения, расположенным внутри и вне центра объекта и пленкой снаружи

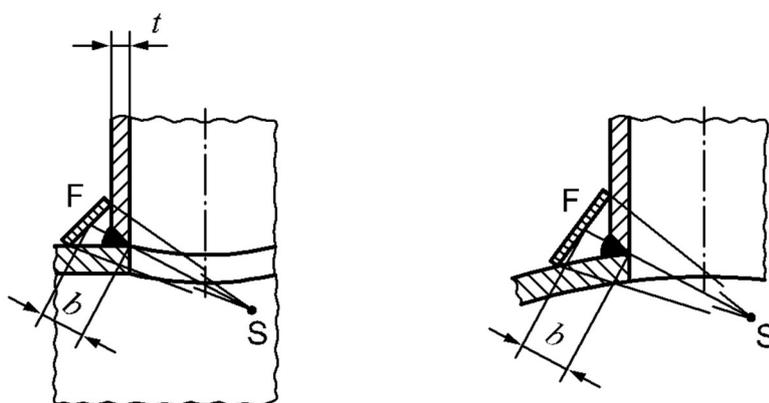
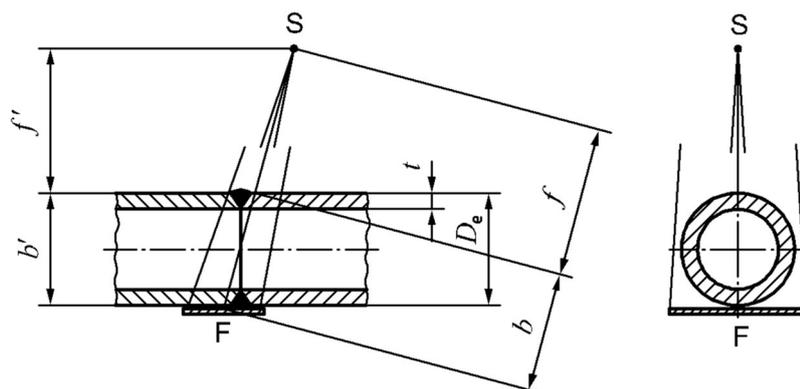


Рисунок 10 — Схема контроля сварных швов наложенных деталей с источником излучения, расположенным внутри и вне центра объекта и пленкой снаружи

7.1.6 Просвечивание труб через две стенки на эллипс с получением двойного изображения и источником снаружи объекта – рисунок 11.



Примечание — Расстояние от источника излучения до объекта контроля может быть вычислено через перпендикулярное расстояние f' , рассчитываемое по b' .

Рисунок 11 — Схема контроля на эллипс обеих стенок труб

7.1.7 Просвечивание через две стенки с получением двойного изображения методом перпендикулярной съемки с источником и пленкой снаружи объекта – рисунок 12.

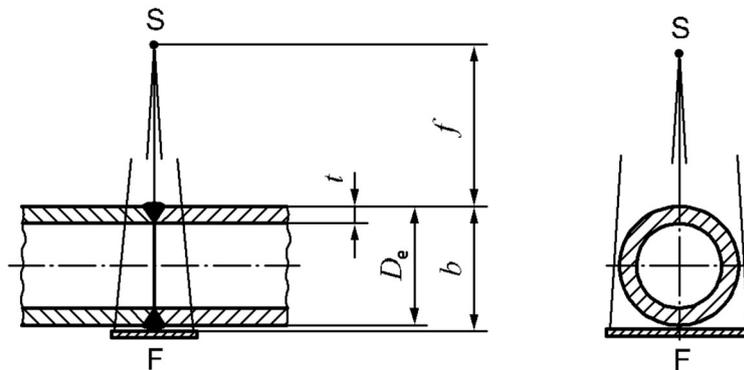


Рисунок 12 — Схема контроля обеих стенок методом перпендикулярной съемки

7.1.8 Просвечивание изогнутых объектов через две стенки с получением одного изображения при контроле ближайшей к пленке стенки – рисунки 13 – 16.

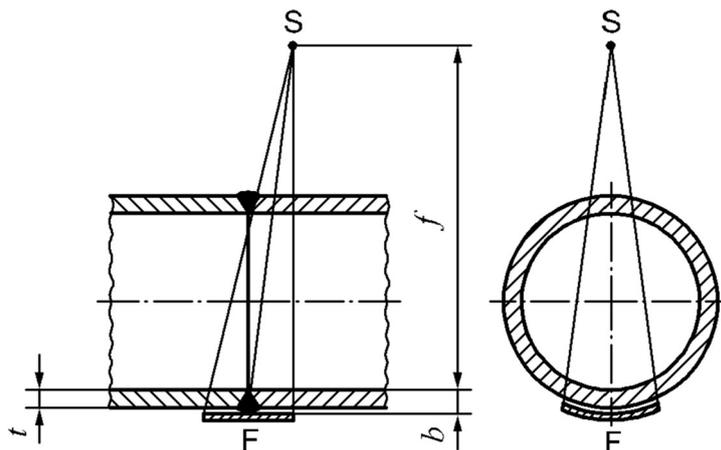


Рисунок 13 — Схема контроля изогнутых объектов с источником излучения снаружи и контроля стенки, ближайшей к пленке, с IQI, расположенным со стороны пленки

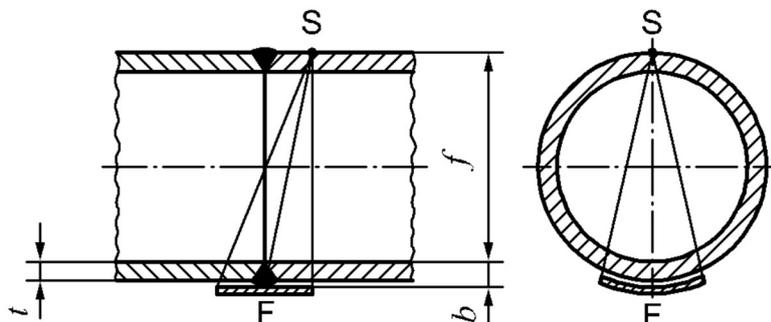


Рисунок 14 — Схема контроля изогнутых объектов с источником излучения снаружи, установленным непосредственно на поверхности, и контроля ближайшей к пленке стенки с помощью IQI, расположенного близко к пленке

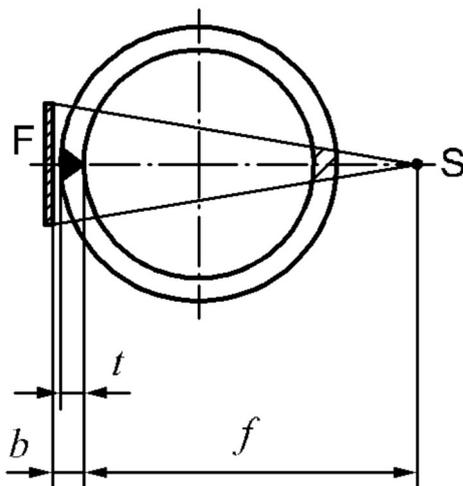


Рисунок 15 — Схема контроля труб с продольным сварным швом с источником излучения снаружи и контроля ближайшей к пленке стенки с помощью IQI, расположенного близко к пленке

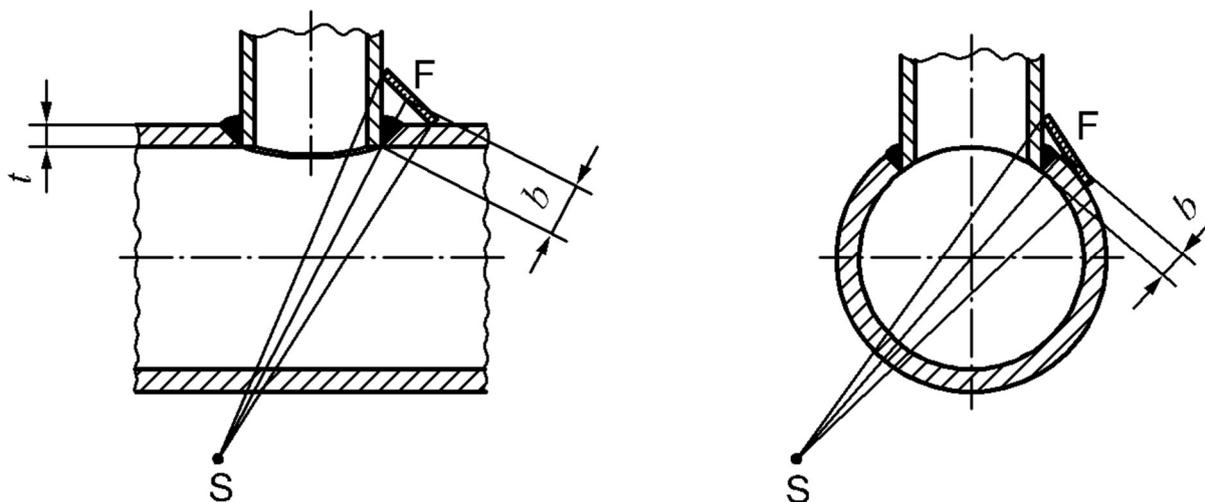


Рисунок 16 — Схема контроля сварных швов вставных деталей с источником излучения снаружи и контроля ближайшей к пленке стенки с помощью IQI, расположенного близко к пленке

7.1.9 Просвечивание объектов с различной толщиной материала (рис. 17 – 19)

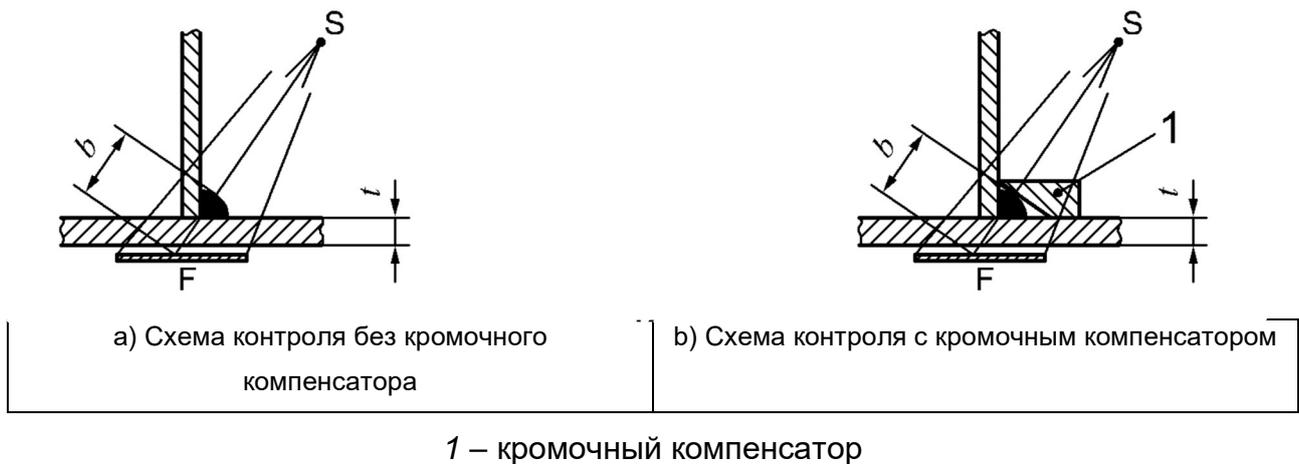


Рисунок 17 — Схема контроля при просвечивании угловых сварных швов с наклонным положением пленки

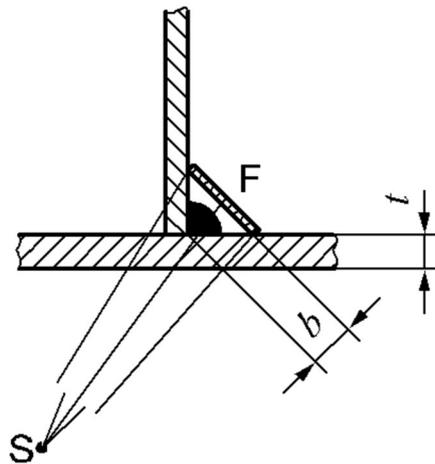


Рисунок 18 — Схема контроля при просвечивании угловых сварных швов с перпендикулярным расположением пленки

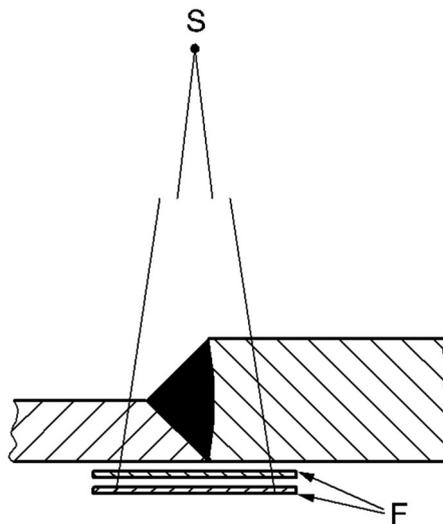
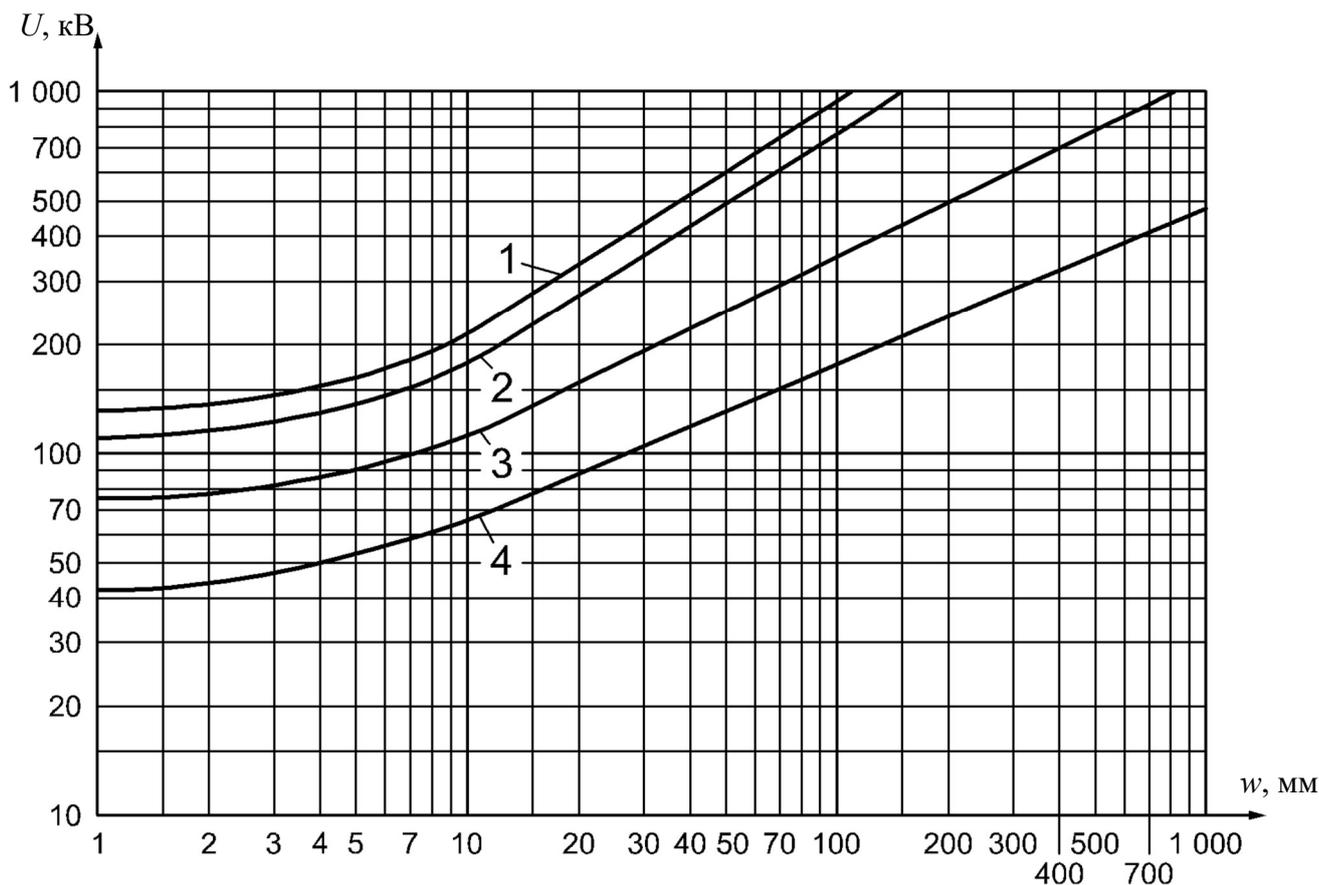


Рисунок 19 — Схема контроля с использованием нескольких пленок

7.2 Выбор напряжения на трубке и источника радиационного излучения

7.2.1 Источники рентгеновского излучения с напряжением до 1000 кВ

Для обеспечения высокой чувствительности контроля напряжение на рентгеновской трубке рекомендуется устанавливать более низким. Максимальные значения напряжения на трубке в зависимости от просвечиваемой толщины приведены на рисунке 20.



U – напряжение на рентгеновской трубке; w – просвечиваемая толщина; 1 – медь/никель и сплавы на их основе; 2 – сталь; 3 – титан и сплавы на их основе; 4 – алюминий и сплавы на его основе

П р и м е ч а н и е — Выбор напряжения на трубке по кривым на рис. 20 описаны в приложении С.

Рисунок 20 — Максимальное напряжение на рентгеновской трубке для источников с максимальным возможным напряжением до 1000 кВ в зависимости от просвечиваемой толщины и материала

В случаях, когда толщина объекта контроля меняется вдоль его сечения, должен быть использован модифицированный способ с более высоким напряжением, но необходимо обратить внимание, что чрезмерно высокое напряжение

рентгеновской трубки приведет к потере чувствительности контроля. Для меди, никеля и их сплавов превышение напряжения должно быть не более 60 кВ. Для сталей увеличение должно быть не более чем на 50 кВ, для титана и его сплавов – не более чем на 40 кВ, и для алюминия и его сплавов – не более чем на 30 кВ. Эти увеличения должны применяться пропорционально разнице между толщиной сварного шва и основного материала.

7.2.2 Прочие источники излучения

В таблице 2 приведены рекомендуемые диапазоны просвечиваемых толщин для источников гамма-излучения и рентгеновского оборудования с энергией свыше 1 МэВ.

На тонких стальных образцах гамма-излучение от источников Se 75, Ir 192 и Co 60 не позволяет получить радиографические снимки с такой же чувствительностью контроля, как при рентгеновском излучении, использованном с надлежащими техническими параметрами. Однако, поскольку источники гамма-излучений имеют преимущества в обращении и доступности, в таблице 2 приведен диапазон толщин, для которых может быть использован каждый из этих источников гамма-излучения, в случае, когда применение рентгеновских трубок затруднено, о чем в протоколе должна быть сделана отметка.

В случаях, где радиографические изображения получают с использованием гамма-лучей, полное время передвижения до источника и от него не должно превышать 10 % от общего времени экспозиции.

Т а б л и ц а 2 — Диапазон просвечиваемых толщин для источников гамма-излучения и рентгеновского оборудования с энергией свыше 1 МэВ для стали и сплавов на основе меди и никеля

Источник излучения	Просвечиваемая толщина w , мм	
	Класс качества изображений А	Класс качества изображений В
Tm 170	$w \leq 5$	$w \leq 5$
Yb 169 ^a	$1 \leq w \leq 15$	$2 \leq w \leq 12$
Se 75 ^b	$10 \leq w \leq 40$	$14 \leq w \leq 40$
Ir 192	$20 \leq w \leq 100$	$20 \leq w \leq 90$
Co 60	$40 \leq w \leq 200$	$60 \leq w \leq 150$
Рентгеновское оборудование с энергией от 1 до 4 МэВ включ.	$30 \leq w \leq 200$	$50 \leq w \leq 180$

^a Для алюминия и титана просвечиваемая толщина $10 \text{ мм} \leq w \leq 70 \text{ мм}$ для класса качества изображений А и $25 \text{ мм} \leq w \leq 55 \text{ мм}$ для класса качества изображений В.

^b Для алюминия и титана просвечиваемая толщина $35 \text{ мм} \leq w \leq 120 \text{ мм}$ для класса качества изображений А.

Окончание таблицы 2

Источник излучения	Просвечиваемая толщина w , мм	
	Класс А	Класс В
Рентгеновское оборудование с энергией св. 4 до 12 МэВ включ.	$w \geq 50$	$w \geq 80$
Рентгеновское оборудование с энергией св. 12 МэВ	$w \geq 80$	$w \geq 100$
^a Для алюминия и титана просвечиваемая толщина $10 \text{ мм} \leq w \leq 70 \text{ мм}$ для класса А и $25 \text{ мм} \leq w \leq 55 \text{ мм}$ для класса В. ^b Для алюминия и титана просвечиваемая толщина $35 \text{ мм} \leq w \leq 120 \text{ мм}$ для класса А.		

По согласованию между изготовителем и заказчиком просвечиваемая толщина для Ir 192 должна быть уменьшена до 10 мм для класса испытаний А или В при условии, что будет получено требуемое качество изображения в соответствии с 6.9.

По договоренности между изготовителем и заказчиком при использовании Se 75 просвечиваемую толщину можно уменьшить для класса контроля А и класса контроля В при условии, что будет получено требуемое качество изображения в соответствии с 6.9.

При использовании Se 75 для просвечивания толщин менее 10 мм рекомендуется использовать пленочную систему классом выше, чем требуется в соответствии с таблицами 3 и 4.

7.3 Пленочные системы и металлические экраны

Для радиографического контроля следует использовать классы пленочных систем в соответствии с ISO 11699-1.

Для различных источников излучения минимальные классы пленочных систем приведены в таблицах 3 и 4.

При использовании металлических экранов требуется обеспечить плотный контакт между пленками и экранами. Это достигается либо применением пленок в вакуумной упаковке, либо плотным прилеганием в кассете.

Для различных источников излучения таблицы 3 и 4 приводят рекомендованные для экранов материалы и их толщину.

Изготовитель и заказчик могут согласовать другие толщины экранов при условии, что будет получено требуемое качество изображения

Т а б л и ц а 3 — Классы пленочных систем и металлические экраны для радиографического контроля сталей и сплавов на основе меди и никеля

Источник излучения	Просвечиваемая толщина w , мм	Класс пленочной системы ^a		Тип и толщина экранов	
		Класс А	Класс В	Класс А	Класс В
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке до 100 кВ включ.	-	C5	C3	Нет экрана или передний и задний экраны из свинца толщиной не более 0,03 мм	
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке св. 100 до 150 кВ включ.				Передний и задний экран из свинца толщиной не более 0,15 мм	
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке св. 150 до 250 кВ включ.		C5	C4	Передний и задний экран из свинца толщиной от 0,02 до 0,15 мм	
Yb 169 Tm 170	$w \leq 5$	C5	C3	Нет экрана или передний и задний экраны из свинца толщиной до 0,03 мм	
	$w > 5$		C4	Передний и задний экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,15 мм	
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке св. 250 до 500 кВ включ.	$w \leq 50$	C5	C4	Передние и задний экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,20 мм	
	$w > 50$		C5	Передние экраны из свинца ^b толщиной от 0,1 до 0,2 мм Задние экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,20 мм	
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке св. 500 до 1000 кВ включ.	$w \leq 75$	C5	C4	Передний и задний экраны из стали или меди ^c толщиной от 0,25 до 0,70 мм	
	$w > 75$	C5	C5		
Se 75	-	C5	C4	Передний и задний экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,20 мм	
Ir 192	-	C5	C4	Передние экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,20 мм	Передние экраны из свинца ^b толщиной от 0,1 до 0,2 мм
				Задние экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,20 мм	
Co 60	$w \leq 100$	C5	C4	Передние и задние экраны из стали или меди ^c толщиной от 0,25 до 0,70 мм	
	$w > 100$		C5		
Рентгеновское оборудование с энергией от 1 до 4 МэВ включ.	$w \leq 100$	C5	C3	Передние и задние экраны из стали или меди ^c толщиной от 0,25 до 0,70 мм	
	$w > 100$		C5		
Рентгеновское оборудование с энергией св. 4 до 12 МэВ включ.	$w \leq 100$	C4	C4	Передний экран из меди, стали или тантала толщиной до 1,0 мм ^d Задний экран из меди или стали толщиной до 1 мм и тантала толщиной до 0,5 мм ^d	
	$100 < w \leq 300$	C5	C4		
	$w > 300$		C5		
Рентгеновское оборудование с энергией св. 12 МэВ	$w \leq 100$	C4	Не применяется	Передний экран из тантала ^e толщиной до 1,0 мм Нет заднего экрана	
	$100 < w \leq 300$	C5	C4		
	$w > 300$		C5	C5	Передний экран из тантала ^e толщиной до 1,0 мм Задний экран из тантала толщиной до 0,5 мм

^a Допускается использование пленочных систем более высоких классов, см. ISO 11699-1.

^b Если между объектом и пленкой поместить дополнительный свинцовый экран толщиной 0,1 мм, допускается использование пленок в упаковке с передним экраном толщиной до 0,03 мм.

^c Для класса А допускается использовать свинцовые экраны толщиной от 0,5 до 2,0 мм.

^d По согласованию между изготовителем и заказчиком для класса А допускается использовать свинцовые экраны толщиной от 0,5 до 1,0 мм.

^e По согласованию могут также использоваться вольфрамовые экраны.

Т а б л и ц а 4 — Классы пленочных систем и металлические экраны для радиографического контроля алюминия и титана

Источник излучения	Класс пленочной системы ^a		Тип и толщина экранов
	Класс А	Класс В	
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке до 150 кВ включ.	С5	С 3	Нет экрана или экраны из свинца: передний толщиной не более 0,03 мм и задний толщиной не более 0,15 мм
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке св. 150 до 250 кВ включ.			Передний и задний экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,15 мм
Рентгеновское оборудование с напряжением на трубке св. 250 до 500 кВ включ.			Передний и задний экраны из свинца толщиной от 0,1 до 0,2 мм
Yb 169, Tm 170			Передний и задний экраны из свинца толщиной от 0,02 до 0,15 мм
Se 75			Экраны из свинца: передний ^b толщиной 0,2 мм и задний толщиной от 0,1 до 0,2 мм
^a Допускается использование пленочных систем более высоких классов, см. ISO 11699-1. ^b Допускается использование двух свинцовых экранов толщиной 0,1 мм вместо свинцового экрана толщиной 0,2 мм.			

7.4 Направление пучка излучения

Ось пучка излучения должна быть направлена в центр участка контроля перпендикулярно к поверхности объекта контроля (кроме схем контроля на рис. 11, 13, 14) в данной точке, за исключением тех случаев, когда должно быть продемонстрировано, что определенные дефекты лучше выявляются при другом приемлемом направлении оси пучка. В таком случае допускается другое приемлемое направление пучка излучения. Другие схемы контроля могут быть использованы по согласованию между изготовителем и заказчиком.

Для лучшего выявления несплавления по кромке, пучок излучения рекомендуется направлять под углом подготовки кромок под сварку.

7.5 Уменьшение рассеянного излучения

7.5.1 Металлические фильтры и коллиматоры

С целью уменьшения эффекта рассеянного излучения, первичное излучение должно быть в максимальной степени коллимировано в направлении контролируемого участка объекта.

При использовании источников излучения Se 75, Ir 192 и Co 60 или в случае кромочного рассеяния, в качестве фильтра рассеянного излучения с малыми энергиями можно использовать свинцовый лист между объектом контроля и кассетой.

Толщина такого листа должна быть от 0,5 до 2,0 мм в зависимости от просвечиваемой толщины.

7.5.2 Защита от обратно-рассеянного излучения

Наличие обратно-рассеянного излучения должно быть проверено для каждой новой схемы получения снимка посредством установки свинцовой литеры «В» позади каждой кассеты (высотой не менее 10 мм и толщиной не менее 1,5 мм). Она должна быть установлена в области контроля, но вне изображения сварного шва и ЗТВ. Если данный символ выявляется на радиографическом снимке как более светлое изображение, радиографический снимок подлежит отбраковке. Отсутствие на радиографическом снимке изображения литеры «В» указывает на хорошую защиту от обратно-рассеянного излучения.

При необходимости пленка должна быть защищена от обратно-рассеянного излучения свинцовым листом толщиной не менее 1,0 мм или оловянным листом толщиной не менее 1,5 мм, помещаемого за комбинацией пленка – экран.

7.6 Расстояние от источника излучения до объекта контроля

Минимальное расстояние от источника излучения до объекта контроля f_{\min} зависит от размера источника излучения или размера фокусного пятна d и расстояния b или b' от объекта контроля до пленки (измеряется от стороны источника объекта до пленки). Размер источника излучения или размер фокусного пятна d должен соответствовать EN 12543 или EN 12679.

Могут использоваться показатели изготовителя при их соответствии требованиям настоящих документов.

Если размер источника излучения или размер фокусного пятна определяются двумя размерами, следует использовать наибольший.

Расстояние f или f' следует выбирать таким образом, чтобы отношение этого расстояния к размеру источника излучения или к размеру фокусного пятна d , т.е. f/d или f'/d , было не меньше значений, определяемых по формулам (1) и (2):

Для упрощения в этих формулах используются только f и b . Формулы применимы также для f' и b' , как показано на рисунке Рисунки 11, 13 и 14.

- для класса А:

$$\frac{f}{d} \geq 7,5b^{2/3}, \quad (1)$$

- для класса В:

$$\frac{f}{d} \geq 15b^{2/3}, \quad (2)$$

где d , f и b – выражены в мм.

Если расстояние b меньше, чем $1,2t$, то расстояние b в формулах (1) и (2) и на рисунке 21 следует заменить номинальной толщиной t .

Для определения расстояния от источника излучения до объекта контроля f_{\min} или f'_{\min} можно использовать номограмму на рисунке 21. Эта номограмма основывается на формулах (1) и (2).

Угол раскрытия 2β диафрагмы рентгеновской трубки и размер пленки ограничивают применимое значение расстояния от источника до пленки (SFD). Согласно формуле (3), значение SFD должно быть:

$$SFD \geq 0,5 \frac{d_f}{\operatorname{tg}(\beta)} \quad (3)$$

Для неразрушающего контроля, обычно, угол раскрытия диафрагмы рентгеновской трубки составляет $2\beta = 40^\circ (\pm 20^\circ)$. Для этих трубок формула (3) упрощена до формулы (4):

$$SFD \geq 1,4 * d_f \quad (4)$$

Для класса А, когда требуется выявление плоскостных дефектов, минимальное расстояние от источника излучения до объекта контроля f_{\min} или f'_{\min} должно быть такое же, как для класса В, для того, чтобы в два раза уменьшить геометрическую нерезкость.

При критически важных применениях материалов, подверженных растрескиванию, должны использоваться более чувствительные, чем для класса В, радиографические способы.

В миллиметрах

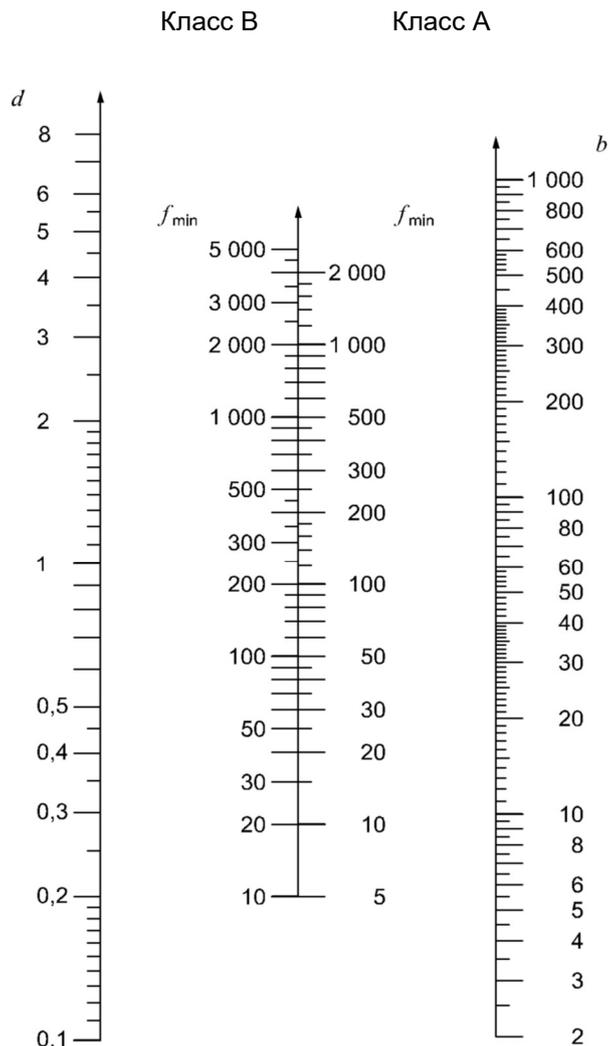


Рисунок 21 — Номограмма для определения минимального расстояния от источника излучения до объекта контроля f_{\min} , в зависимости от расстояния от объекта контроля до пленки b и размера источника излучения d

При использовании схемы контроля на эллипс, описанной в 7.1.6 (рис. 11), или схемы перпендикулярной съемки, описанной в 7.1.7 (Рис. 12), значения b или b' в формулах (1) и (2) и на рисунке 21, следует заменить на наружный диаметр трубы D_e .

Когда источник находится вне объекта контроля, а пленка – с другой стороны [способ получения одного изображения через две стенки по (7.1.8, рис. 13 – 16)], минимальное расстояние от источника излучения до объекта контроля определяется только толщиной стенки (т.е. не зависит от диаметра трубы).

Предпочтительно избегать использования способа просвечивания через две стенки (см. 7.1.8, рис. 13 – 16) путем помещения источника излучения внутрь объекта контроля, чтобы достичь более подходящего направления излучения (см. 7.1.4 и 7.1.5, рис. 5 – 10). Рекомендуется, чтобы уменьшение минимального расстояния от

источника излучения до объекта контроля было не больше 20 % при условии, что соблюдены требования к IQI.

Если источник расположен в центре объекта контроля, а пленка – снаружи (см. 7.1.4, рис. 5), и при условии соблюдения требований к IQI, этот процент должен быть увеличен. Однако уменьшение минимального расстояния от источника излучения до объекта контроля должно быть не более 50 %. Дальнейшее уменьшение должно быть согласовано между изготовителем и заказчиком при условии выполнения требований к IQI.

7.7 Максимальная область при однократной экспозиции

Количество радиографических снимков для полного контроля прямолинейных плоских сварных швов (см. рисунки 1, 15, 17, 18 и 19) и изогнутых сварных швов при расположении источника излучения вне их центра (см. рисунки 2 – 4, 8 – 10 и 13 – 16) целесообразно указывать в спецификации на продукцию в соответствии с техническими требованиями.

Отношение просвечиваемой толщины на краю контролируемой области с равномерной толщиной, к толщине в центре пучка не должно быть более 1,1 для класса контроля В и 1,2 для класса контроля А как области, подлежащей экспонированию (области контроля сварного шва).

Значения оптической плотности, обусловленные любым изменением просвечиваемой толщины, рекомендуются не ниже указанных в 7.8, и не выше допускаемых для просмотра имеющимся в наличии негатоскопом с регулируемой яркостью и размером освещенного поля.

Размер области, подлежащей контролю, включает в себя сварной шов и зону термического влияния. Каждое отдельное экспонирование подразумевает область контроля сварного шва и все требуемые: индикаторы IQI, маркировочные знаки, буквы.

Рекомендации по количеству радиографических снимков, которое обеспечивает приемлемый контроль кольцевого сварного шва, приведены в приложении А.

7.8 Оптическая плотность радиографических снимков

Условия экспонирования должны быть таковы, чтобы минимальная оптическая плотность радиографического снимка в области оценки WAE была больше или равнялась значениям, приведенным в таблице 5 (контролируемая область).

Примечание — Минимальную оптическую плотность снимка измеряют посередине валика выпуклости шва (центр сварного шва).

Таблица 5 — Оптическая плотность радиографических снимков

Класс	Оптическая плотность ^a
А	$\geq 2,0^b$
В	$\geq 2,3^c$

^a Допускается отклонения измерения на $\pm 0,1$.
^b Значение должно быть уменьшено до 1,5 по согласованию между изготовителем и заказчиком.
^c Значение должно быть уменьшено до 2,0, согласованию между изготовителем и заказчиком.

Предпочтительно использовать высокие оптические плотности, где негатоскоп достаточно яркий в соответствии с 7.10. Максимальная измеренная оптическая плотность пленки зависит от используемого негатоскопа и его максимальной яркости (см. ISO 5580). Ярлык с указанием максимальной распознаваемой оптической плотностью должен быть наклеен на корпус негатоскопа.

Пленку следует периодически проверять на неэкспонированном образце используемых пленок, хранимых и обрабатываемых при тех же условиях, что и получаемые радиографические снимки, чтобы избежать чрезмерно высокой плотности вуали, возникающей при ее старении, проявлении или из-за температуры. Плотность вуали не должна превышать 0,3. Плотность вуали определяется как общая плотность (эмульсионного слоя и подложки) обработанной, неэкспонированной пленки.

При использовании многопленочного способа с расшифровкой отдельных пленок, оптическая плотность каждой пленки должна соответствовать таблице 5.

Если требуется использовать при просмотре одновременно две пленки, оптическая плотность каждой пленки должна быть не ниже, чем 1,3Б.

7.9 Обработка

С целью обеспечения принятого класса пленочной системы, пленки обрабатываются в условиях и с использованием реагентов, рекомендованных ее производителем. Особое внимание следует обратить на температуру, время обработки и промывки. Обработка пленки должна регулярно контролироваться в соответствии с ISO 11699-2. Радиографические снимки не должны иметь дефектов, возникших в результате обработки или по другим причинам, которые могут препятствовать расшифровке.

7.10 Условия просмотра пленок

Рентгеновские снимки рекомендуется просматривать в темном помещении на смотровом экране с регулируемой яркостью в соответствии с ISO 5580. Целесообразно, чтобы смотровой экран имел маску, ограничивающую область контроля, A_{01} .

8 Протокол контроля

Для каждой экспозиции или ряда экспозиций должен быть подготовлен протокол контроля, содержащий информацию об использованном радиографическом методе и (или) о других условиях, что позволит лучше интерпретировать полученные результаты.

Протокол контроля должен включать в себя как минимум следующую информацию:

- a) ссылка на настоящий стандарт;
- b) название организации, выполнявшей контроль;
- c) объект контроля;
- d) материал;
- e) производственный этап, например, термическую обработку, механическую обработку;
- f) геометрию сварного шва, альтернативный фотоснимок;
- g) толщину материала, t , и полную толщину сварного шва;
- h) процесс сварки;
- i) технические условия на испытания, если отличаются от настоящего документа или дополнительные;
- j) требования к приёмке (например, по ISO 10675-1 и ISO 10675-2);
- k) радиографический способ в соответствии с 7.1 (рис. 1 – 19) и класс, требуемые и получаемые показатели чувствительности IQI в соответствии с настоящим стандартом (Приложение В);
- l) используемую систему маркировки;
- m) схему расположения пленки;
- n) тип источника излучения, размер фокусного пятна, а также использованное оборудование;
- o) выбранная пленочная система, экраны и фильтры;
- p) использованное напряжение на рентгеновской трубке и сила тока или тип источника излучения и активность;

- q) время экспозиции и расстояние от источника излучения до пленки;
- г) способ обработки: ручной/автоматизированный и условия проявки;
- s) тип и положение (со стороны пленки или источника излучения) индикаторов качества изображения (IQI);
- t) результаты контроля, включающие данные об оптической плотности пленки, значения IQI;
- u) любые отклонения от настоящего стандарта, по согласованию между изготовителем и заказчиком;
- v) фамилия, ссылка на сертификационное удостоверение и подпись ответственного лица (лиц), например, оператор радиографического контроля или специалист по расшифровке радиографических снимков;
- w) любые замеченные необычные свойства;
- x) даты экспозиции и составления протокола контроля.

Приложение А

(обязательное)

Рекомендуемое количество экспозиций, обеспечивающее приемлемый контроль кольцевых стыковых сварных швов

Минимальное требуемое количество экспозиций для труб представлено на рисунках А.1 – А.4, которое действительно для труб, кроме тех, которые контролируют способом просвечивания через две стенки с двойным изображением в соответствии с 7.1.6 и 7.1.7 (рис. 11 и 12).

Если изменение толщины стенки контролируемого соединения $\Delta t/t$ при использовании одиночной экспозиции не превышает 20 %, то применяют рисунки А.3 и А.4. Такой способ рекомендуется только при малой вероятности наличия поперечных трещин или при контроле сварного шва на наличие таких дефектов другими методами неразрушающего контроля.

Если $\Delta t/t$ меньше или равно 10 % (класс контроля В), то применяют рисунки А.1 и А.2. При этом также вероятно выявление поперечных трещин.

Если объект контролируется на наличие одиночных поперечных трещин, то требуемое минимальное количество радиографических снимков возрастает по сравнению со значениями на рисунках А.1 – А.4.

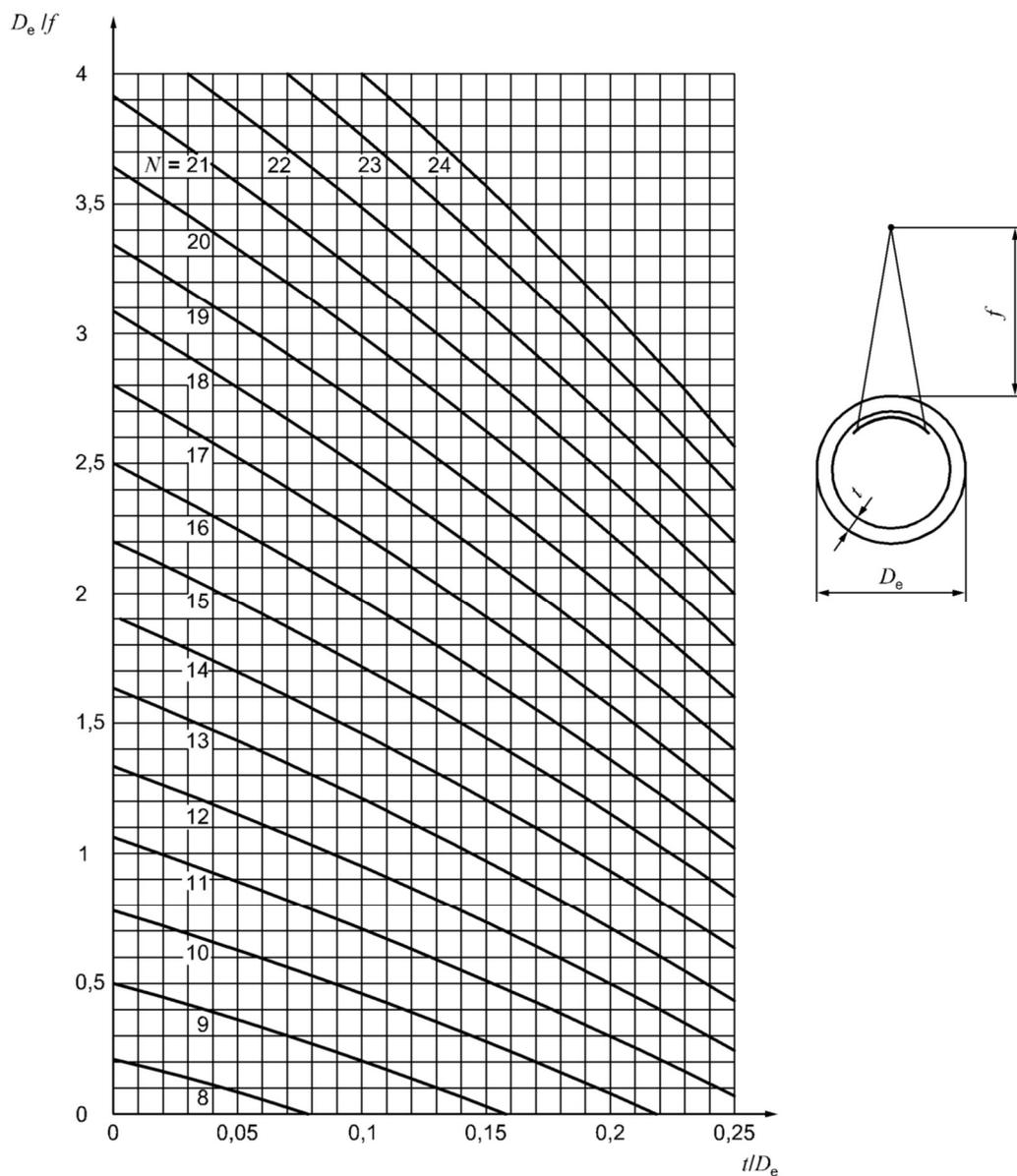
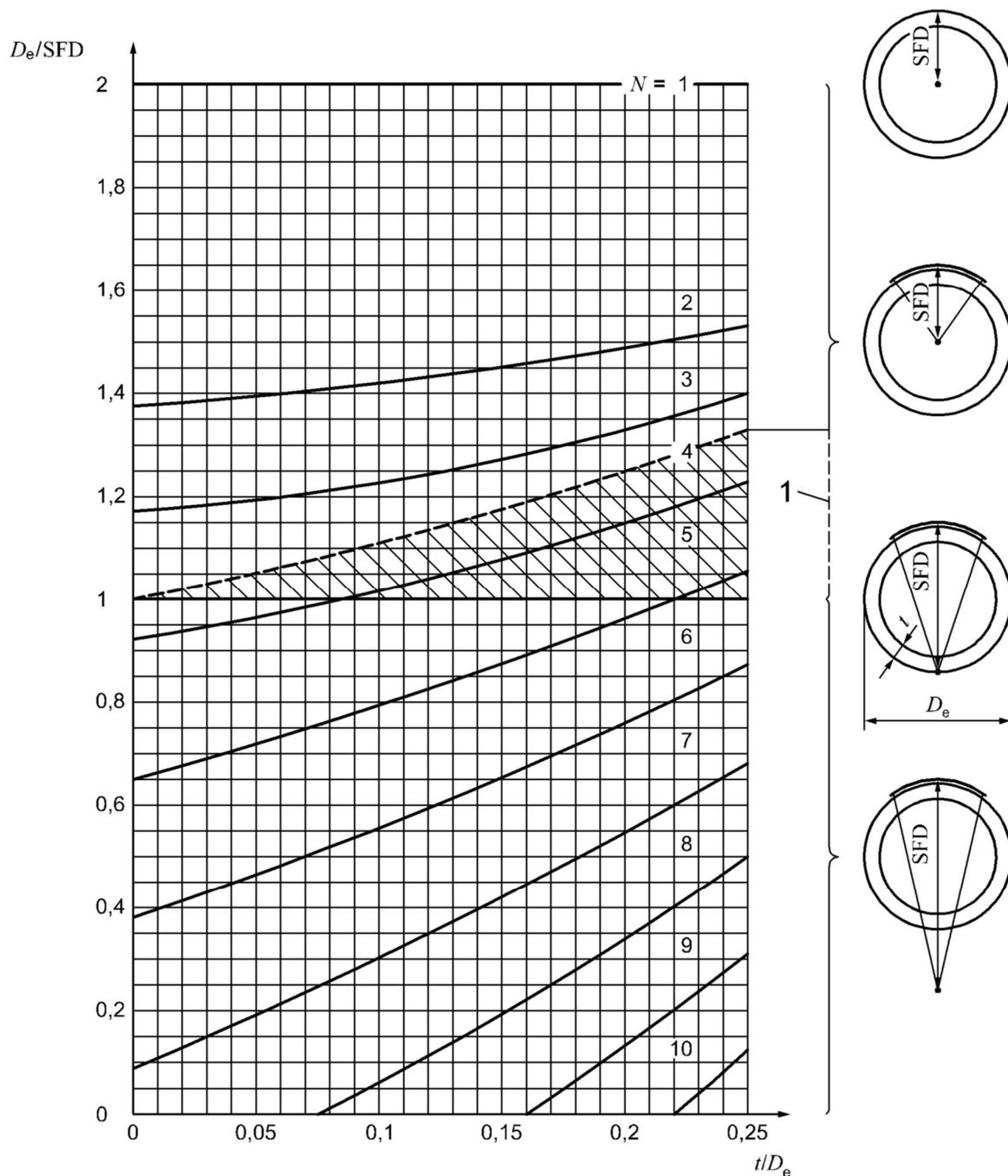


Рисунок А.1 — Минимальное количество экспозиций N для просвечивания через одну стенку с источником излучения снаружи при максимально допустимом увеличении толщины просвечивания $\Delta t/t$ из-за наклонного направления излучения в проверяемой области, равном 10 % (класс качества изображения В), как функция отношений t/D_e и D_e/f



1 – внутренняя стенка трубы

Рисунок А.2 — Минимальное количество экспозиций N для просвечивания через две стенки с источником излучения снаружи при максимально допустимом увеличении толщины просвечивания $\Delta t/t$ из-за наклонного направления излучения в проверяемой области, равном 10 % (класс качества изображения В), как функция отношений t/D_e и D_e/SFD

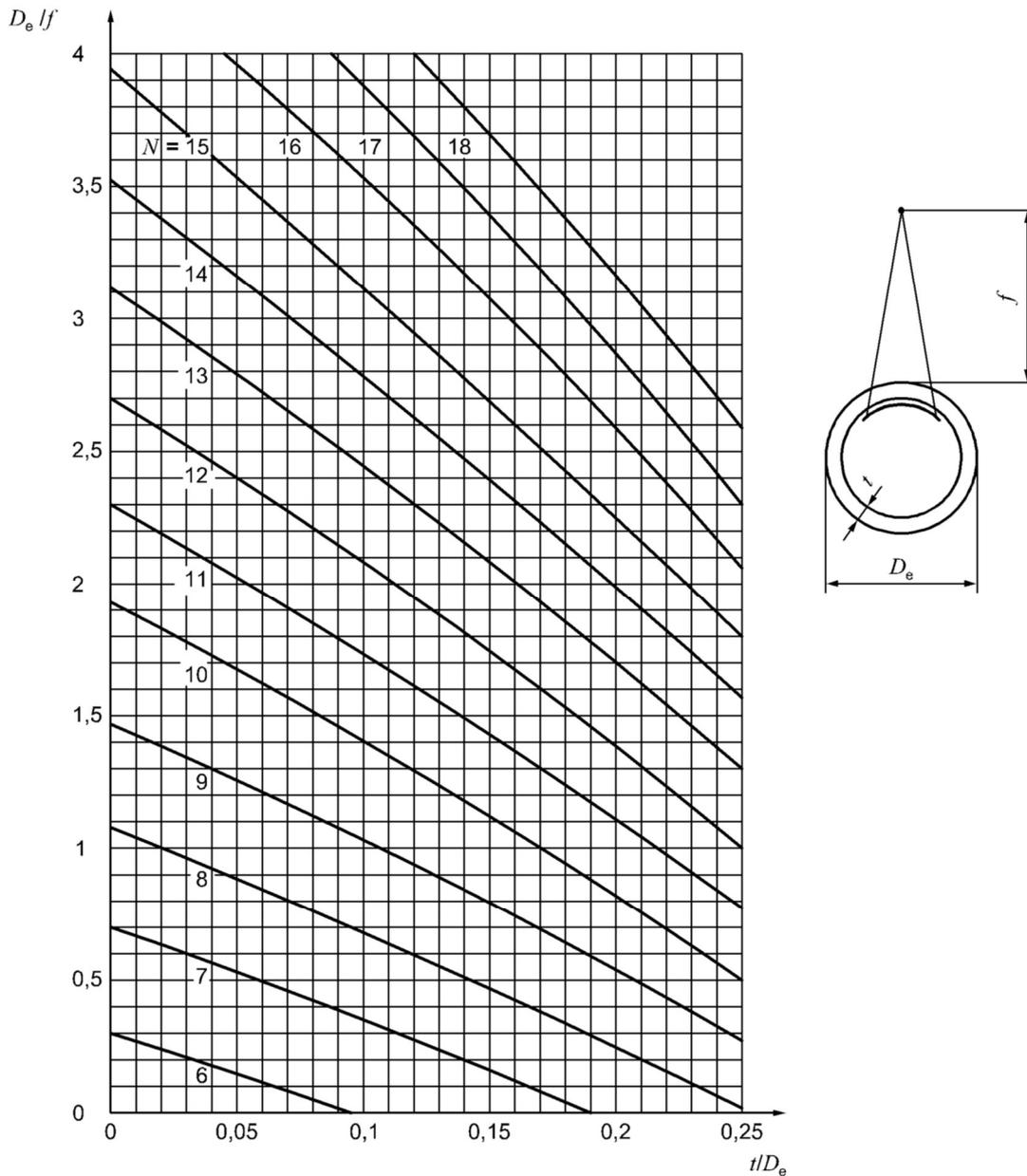
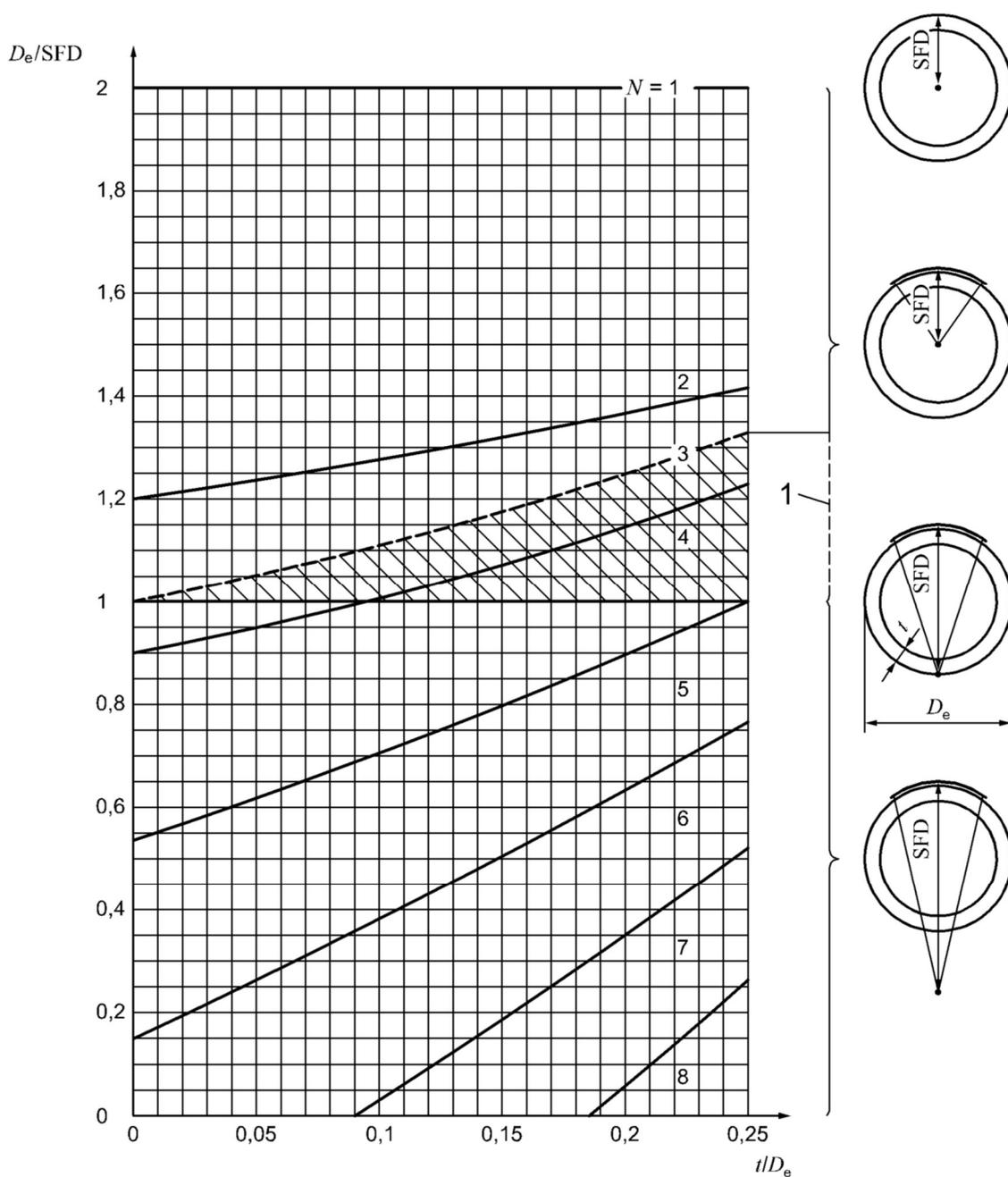


Рисунок А.3 — Минимальное количество экспозиций N для просвечивания через одну стенку с источником излучения снаружи при максимально допустимом увеличении толщины просвечивания $\Delta t/t$ из-за наклонного направления излучения в проверяемой области, равном 20 % (класс качества изображения А), как функция отношений t/D_e и D_e/f



1 – внутренняя стенка трубы

Рисунок А.4 — Минимальное количество экспозиций N для просвечивания через две стенки с источником излучения внутри при максимально допустимом увеличении толщины просвечивания $\Delta t/t$ из-за наклонного направления излучения в проверяемой области, равном 20 % (класс качества изображения А), как функция отношений t/D_e и $D_e/f t/D_e$ и D_e/SFD

Приложение В

(обязательное)

Минимальные значения показателей качества изображения

В.1 Общие положения

Минимальные значения IQI, указанные в таблицах В.1 – В.12, должны быть достигнуты или превышены для получения качества по классам качества изображений А или В.

В.2 Способ контроля через одну стенку – IQI со стороны источника излучения

Т а б л и ц а В.1 — IQI проволочного типа

Минимальные значения IQI для класса испытаний А		
Номинальная толщина t , мм		Номер проволочки IQI
	до 1,2	W 18
выше 1,2	до 2,0	W 17
выше 2,0	до 3,5	W 16
выше 3,5	до 5,0	W 15
выше 5,0	до 7,0	W 14
выше 7,0	до 10,0	W 13
выше 10,0	до 15,0	W 12
выше 15,0	до 25,0	W 11
выше 25,0	до 32,0	W 10
выше 32,0	до 40,0	W 9
выше 40,0	до 55,0	W 8
выше 55,0	до 85,0	W 7
выше 85,0	до 150,0	W 6
выше 150,0	до 250,0	W 5
выше 250,0		W 4

^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.

Т а б л и ц а В.2 — IQI типа ступень/отверстие

Минимальные значения IQI для класса испытаний А		
Номинальная толщина t , мм		Номер отверстия IQI
	до 2,0	H 3
выше 2,0	до 3,5	H 4
выше 3,5	до 6,0	H 5
выше 6,0	до 10,0	H 6
выше 10,0	до 15,0	H 7
выше 15,0	до 24,0	H 8
выше 24,0	до 30,0	H 9
выше 30,0	до 40,0	H 10
выше 40,0	до 60,0	H 11
выше 60,0	до 100,0	H 12

^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.

Окончание таблицы 2

Класс качества изображения А		
Номинальная толщина t , мм		Номер отверстия IQI
выше 100,0	до 150,0	H 13
выше 150,0	до 200,0	H 14
выше 200,0	до 250,0	H 15
выше 250,0	до 320,0	H 16
выше 320,0	до 400,0	H 17
выше 400,0		H 18

^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.

Т а б л и ц а В.3 — IQI проволочного типа

Минимальные значения IQI для класса испытаний В		
Номинальная толщина t , мм		Номер проволоки IQI
	до 1,5	W 19
выше 1,5	до 2,5	W 18
выше 2,5	до 4,0	W 17
выше 4,0	до 6,0	W 16
выше 6,0	до 8,0	W 15
выше 8,0	до 12,0	W 14
выше 12,0	до 20,0	W 13
выше 20,0	до 30,0	W 12
выше 30,0	до 35,0	W 11
выше 35,0	до 45,0	W 10
выше 45,0	до 65,0	W 9
выше 65,0	до 120,0	W 8
выше 120,0	до 200,0	W 7
выше 200,0	до 350,0	W 6
выше 350,0		W 5

^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.

Т а б л и ц а В.4 — IQI типа ступень/отверстие

Минимальные значения IQI для класса испытаний В		
Номинальная толщина t , мм		Номер отверстия IQI
До 2,5 включ.		H 2
Св. 2,5 « 4,0	«	H 3
« 4,0 « 8,0	«	H 4
« 8,0 « 12,0	«	H 5
« 12,0 « 20,0	«	H 6
« 20,0 « 30,0	«	H 7
« 30,0 « 40,0	«	H 8
« 40,0 « 60,0	«	H 9
« 60,0 « 80,0	«	H 10
« 80,0 « 100,0	«	H 11
« 100,0 « 150,0	«	H 12
« 150,0 « 200,0	«	H 13
« 200,0 « 250,0	«	H 14

^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.

В.3 Способ контроля через две стенки: два изображения – IQI со стороны источника излучения

Т а б л и ц а В.5 — IQI проволочного типа

Минимальные значения IQI для класса испытаний А	
Просвечиваемая толщина <i>w</i> , мм	Номер проволочки IQI
До 1,2 включ.	W 18
Св. 1,2 « 2,0 «	W 17
« 2,0 « 3,5 «	W 16
« 3,5 « 5,0 «	W 15
« 5,0 « 7,0 «	W 14
« 7,0 « 12,0 «	W 13
« 12,0 « 18,0 «	W 12
« 18,0 « 30,0 «	W 11
« 30,0 « 40,0 «	W 10
« 40,0 « 50,0 «	W 9
« 50,0 « 60,0 «	W 8
« 60,0 « 85,0 «	W 7
« 85,0 « 120,0 «	W 6
« 120,0 « 220,0 «	W 5
« 220,0 « 380,0 «	W 4
« 380,0	W 3
^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.	

Т а б л и ц а В.6 — IQI типа ступень/отверстие

Минимальные значения IQI для класса испытаний А	
Просвечиваемая толщина <i>w</i> , мм	Номер отверстия IQI
До 1,0 включ.	H 3
Св. 1,0 « 2,0 «	H 4
« 2,0 « 3,5 «	H 5
« 3,5 « 5,5 «	H 6
« 5,5 « 10,0 «	H 7
« 10,0 « 19,0 «	H 8
« 19,0 « 35,0 «	H 9
^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.	

Т а б л и ц а В.7 — IQI проволочного типа

Минимальные значения IQI для класса испытаний В	
Просвечиваемая толщина <i>w</i> , мм	Номер проволочки IQI
До 1,5 включ.	W 19
Св. 1,5 « 2,5 «	W 18
« 2,5 « 4,0 «	W 17
« 4,0 « 6,0 «	W 16
« 6,0 « 8,0 «	W 15
« 8,0 « 15,0 «	W 14
« 15,0 « 25,0 «	W 13
« 25,0 « 38,0 «	W 12
« 38,0 « 45,0 «	W 11
« 45,0 « 55,0 «	W 10
« 55,0 « 70,0 «	W 9
« 70,0 « 100,0 «	W 8
« 100,0 « 170,0 «	W 7
« 170,0 « 250,0 «	W 6
« 250,0	W 5
^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.	

Т а б л и ц а В.8 — IQI типа ступень/отверстие

Минимальные значения IQI для класса испытаний В	
Просвечиваемая толщина <i>w</i> , мм	Номер отверстия IQI
До 1,0 включ.	H 2
Св. 1,0 « 2,5 «	H 3
« 2,5 « 4,0 «	H 4
« 4,0 « 6,0 «	H 5
« 6,0 « 11,0 «	H 6
« 11,0 « 20,0 «	H 7
« 20,0 « 35,0 «	H 8
^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.	

В.4 Способ контроля через две стенки; одно или два изображения – IQI со стороны пленки

Т а б л и ц а В.9 — IQI проволочного типа

Минимальные значения IQI для класса испытаний А	
Просвечиваемая толщина w, мм	Номер проволочки IQI
До 1,2 включ.	W 18
Св. 1,2 « 2,0 «	W 17
« 2,0 « 3,5 «	W 16
« 3,5 « 5,0 «	W 15
« 5,0 « 10,0 «	W 14
« 10,0 « 15,0 «	W 13
« 15,0 « 22,0 «	W 12
« 22,0 « 38,0 «	W 11
« 38,0 « 48,0 «	W 10
« 48,0 « 60,0 «	W 9
« 60,0 « 85,0 «	W 8
« 85,0 « 125,0 «	W 7
« 125,0 « 225,0 «	W 6
« 225,0 « 375,0 «	W 5
« 375,0	W 4
^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.	

Т а б л и ц а В.10 — IQI типа ступень/отверстие

Минимальные значения IQI для класса испытаний А	
Просвечиваемая толщина w, мм	Номер отверстия IQI
До 2,0 включ.	H 3
Св. 2,0 « 5,0 «	H 4
« 5,0 « 9,0 «	H 5
« 9,0 « 14,0 «	H 6
« 14,0 « 22,0 «	H 7
« 22,0 « 36,0 «	H 8
« 36,0 « 50,0 «	H 9
« 50,0 « 80,0 «	H 10
^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.	

Т а б л и ц а В.11 — IQI проволочного типа

Минимальные значения IQI для класса испытаний В	
Просвечиваемая толщина w , мм	Номер проволоки IQI
До 1,5 включ.	W 19
Св. 1,5 « 2,5 «	W 18
« 2,5 « 4,0 «	W 17
« 4,0 « 6,0 «	W 16
« 6,0 « 12,0 «	W 15
« 12,0 « 18,0 «	W 14
« 18,0 « 30,0 «	W 13
« 30,0 « 45,0 «	W 12
« 45,0 « 55,0 «	W 11
« 55,0 « 70,0 «	W 10
« 70,0 « 100,0 «	W 9
« 100,0 « 180,0 «	W 8
« 180,0 « 300,0 «	W 7
« 300,0	W 6

^a По исключениям при использовании источников гамма-излучения см. 6.9.

Т а б л и ц а В.12 — IQI типа ступень/отверстие

Минимальные значения IQI для класса испытаний В	
Просвечиваемая толщина w , мм	Номер отверстия IQI
До 2,5 включ.	H 2
Св. 2,5 « 5,5 «	H 3
« 5,5 « 9,5 «	H 4
« 9,5 « 15,0 «	H 5
« 15,0 « 24,0 «	H 6
« 24,0 « 40,0 «	H 7
« 40,0 « 60,0 «	H 8
« 60,0 « 80,0 «	H 9

^a Как исключение, когда используются источники гамма-излучения, см. 6.9

Приложение С

(справочное)

Выбор максимальных значений напряжений на рентгеновской трубке по рисунку 20

Как показано на рис. 20, напряжение на рентгеновской трубке выбирается по-разному, по значению w в диапазоне от 0 до 10 мм и в диапазоне $w > 10$ мм (см. таблицу С.1). Требования к увеличенному напряжению на рентгеновской трубке были внесены в 70-е годы с учетом разницы в толщинах между основным материалом и сварным швом в диапазоне $w < 10$ мм. Это позволяет проводить радиографический контроль сварного шва и основного материала одной плёнкой без требования по использованию многоплёночного способа.

Таблица С.1 — Формулы для выбора приближенных значений напряжений на трубке, использованные на рис. 20

	Максимальное напряжение на рентгеновской трубке, соответствующее просвечиваемой толщине, w кВ	
	$w \leq 10$ мм	$w > 10$ мм
Медь, никель и их сплавы	$U = 120 + 9w$	$U = 48 \cdot w^{0,65}$
Сталь ^a	$U = 100 + 7,5w$	$U = 40 \cdot w^{0,64}$
Титан и его сплавы	$U = 70 + 4w$	$U = 35 \cdot w^{0,50}$
Алюминий и его сплавы	$U = 40 + 2,5w$	$U = 24 \cdot w^{0,43}$
^a При применении стали специалисты могут использовать менее точную аппроксимацию до толщины 45 мм: $U_{\text{сталь}} \approx 100 + 8w$.		

Приложение ДА

(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Т а б л и ц а ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 5576	-	*
ISO 9712	-	*
ISO 11699-1	-	*
ISO 11699-2	-	*
ISO 19232-1	-	*
ISO 19232-2	-	*
ISO 19232-4	-	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Библиография

- [1] ISO 5579 Non-destructive testing — Radiographic testing of metallic materials using film and X- or gamma rays — Basic rules (Контроль неразрушающий. Радиографический контроль металлических материалов с помощью пленок и рентгеновских или гамма-лучей. Основные правила)
- [2] ISO 5580 Non-destructive testing — Industrial radiographic illuminators — Minimum requirements (Контроль неразрушающий. Негатоскопы для промышленной радиографии. Минимальные требования)
- [3] ISO 10675-1 Non-destructive testing of welds — Acceptance levels for radiographic testing — Part 1: Steel, nickel, titanium and their alloys (Неразрушающий контроль сварных соединений. Уровни приемки для радиографического контроля. Часть 1. Сталь, никель, титан и их сплавы)
- [4] ISO 10675-2 Non-destructive testing of welds — Acceptance levels for radiographic testing — Part 2: Aluminium and its alloys (Неразрушающий контроль сварных соединений. Уровни приемки для радиографического контроля. Часть 2. Алюминий и его сплавы)
- [5] ISO 19232-3 Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 3: Image quality classes (Неразрушающий контроль. Качество изображения на радиографических снимках. Часть 3. Классы качества изображения)

Ключевые слова: трубы стальные, неразрушающий контроль, радиографический метод

Руководитель организации разработчика

Негосударственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Научно-учебный центр «Контроль и диагностика» («НУЦ «Контроль и диагностика»)

Директор
«НУЦ «Контроль и диагностика»
должность

личная подпись

Н.Н.Волкова
инициалы, фамилия

Руководитель разработки

Заместитель директора по
экспертизе и инспекции
«НУЦ «Контроль и диагностика»
должность

личная подпись

В.В. Луенюк