МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 10893-7—2021

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ БЕСШОВНЫЕ И СВАРНЫЕ

Часть 7

Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов

(ISO 10893-7:2019, Non-destructive testing of steel tubes — Part 7: Digital radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of imperfections, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

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 22 октября 2021 г. № 144-П)

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
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 декабря 2021 г. № 1683-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 10893-7—2021 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2022 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 10893-7:2019 «Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 7. Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов» («Non-destructive testing of steel tubes — Part 7: Digital radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of imperfections», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 17 «Сталь», подкомитетом SC 19 «Технические условия поставки труб, работающих под давлением» Международной организации по стандартизации (ISO).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

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

6 Настоящий стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р ИСО 10893-7—2016*

* Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 декабря 2021 г. № 1683-ст ГОСТ Р ИСО 10893-7—2016 отменен с 1 марта 2022 г.

7 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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, 2019
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие требования 3
5 Оборудование 4
6 Технология контроля 4
7 Качество изображения 6
8 Обработка изображения 12
9 Классификация индикаций 12
10 Критерии приемки 12
11 Приемка 13
12 Сохранение и представление изображений 13
13 Протокол контроля 13
Приложение А (справочное) Примеры распределения несовершенств 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 17
Библиография 18

Поправка к ГОСТ ISO 10893-7—2021 Трубы стальные бесшовные и сварные. Часть 7. Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 8 2022 г.)

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ БЕСШОВНЫЕ И СВАРНЫЕ

Часть 7

Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов

Seamless and welded steel tubes. Part 7. Weld seam digital radiographic testing for the detection of imperfections

Дата введения — 2022—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к цифровому радиографическому контролю продольных и спиральных сварных швов стальных труб, выполненных автоматизированной дуговой сваркой, с применением компьютерной радиографии (CR) или радиографии с матричными цифровыми детекторами (DDA). Настоящий стандарт устанавливает критерии приемки и процедуру настройки оборудования.

Настоящий стандарт может быть применим для контроля полых профилей круглого сечения.

Примечание — Альтернативным контролем является радиографический контроль с применением пленки в соответствии с [1].

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 радиология с использованием рентгеновского и гамма-излучения. Словарь)

ISO 9712, Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel (Неразрушающий контроль. Квалификация и аттестация персонала)

ISO 11484, Steel products — Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel (Изделия стальные. Система оценки работодателем квалификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль)

ISO 17636-2:2013, Non-destructive testing of welds — Radiographic testing — Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors (Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 2. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением цифровых детекторов)

ISO 19232-1, Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 1: Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators (Неразрушающий контроль. Качество изображения на радиографических снимках. Часть 1. Определение значения качества изображения с помощью проволочных индикаторов)

ISO 19232-2, Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 2: Determination of the image quality value using step/hole-type image quality indicators (Неразрушающий контроль. Качество изо-

Издание официальное

бражения на радиографических снимках. Часть 2. Определение значения качества изображения с использованием индикаторов качества изображения типа шаг/отверстие)

ISO 19232-5, Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 5: Determination of the image unsharpness and basic spatial resolution value using duplex wire-type image quality indicators (Контроль неразрушающий. Качество изображения на радиографических снимках. Часть 5. Определение значения нерезкости снимка и базового пространственного разрешения с использованием индикаторов качества изображения двухпроволочного типа)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO 5576 и ISO 11484, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **труба** (tube): Полое длинное изделие, открытое с обоих концов, любой формы поперечного сечения.

3.2 **сварная труба** (welded tube): Труба (см. 3.1), изготовленная способом формообразования полого профиля из плоского изделия и сварки смежных кромок между собой, которая после сварки может быть подвергнута последующей горячей или холодной деформации для получения окончательных размеров.

3.3 **изготовитель** (manufacturer): Организация, которая изготавливает изделия по соответствующей спецификации и заявляет о соответствии поставляемых изделий всем применимым положениям этой спецификации.

Примечание — В настоящем стандарте термин «спецификация» включает в себя документы на поставку труб — стандарты, технические условия, технические требования, спецификации к заказу и т. п.

3.4 **соглашение** (agreement): Контрактная договоренность между изготовителем (см. 3.3) и заказчиком во время запроса и заказа.

3.5 **отношение сигнал-шум SNR; *S/N*** (signal-to-noise ratio): Отношение среднего значения линеаризованных значений градации серого к стандартному отклонению линеаризованных градаций серого (шума) в области цифрового изображения, представляющей интерес.

Примечание — Определение термина изменено в соответствии с ISO 17636-2:2013 (пункт 3.10), добавлено обозначение *S/N*.

3.6 **базовое пространственное разрешение цифрового детектора $R_{bs}^{detector}$** (basic spatial resolution of a digital detector): Разрешение, которое соответствует половине измеренной нерезкости на цифровом изображении детектора и эффективному размеру пикселя, характеризующее наименьший размер объекта, который может быть разрешен (отображен) с помощью цифрового детектора при коэффициенте увеличения, равном единице.

Примечания

1 Для этого измерения индикатор качества изображения (IQI)* двухпроволочного типа устанавливают непосредственно на цифровом детекторе или запоминающей пластине.

2 Процедура измерения нерезкости приведена в ISO 19232-5 (см. также [21], [13]).

3 Определение термина изменено в соответствии с ISO 17636-2:2013 (пункт 3.8), обозначение $SR_b^{detector}$ в определении было заменено.

3.7 **образец — индикатор качества RQI** (representative quality indicator): Образец изделия (или его часть), или образец, изготовленный со схожей геометрией из радиологически подобного материала, который обладает известными характеристиками, представляющими интересующие особенности исследуемых изделий.

Примечание — Определение термина — см. [15].

3.8 **система с матричным цифровым детектором; DDA-система** (digital detector array system; DDA-system): Электронное устройство, преобразующее ионизирующее или проникающее излучение в массив отдельных аналоговых сигналов, который позднее оцифровывается и передается на компьютер

* В документации может применяться русскоязычное сокращение «ИКИ».

для отображения как цифровое изображение, соответствующее распределению радиационной энергии, переданной на приемную поверхность устройства.

Примечание — Определение термина — см. ISO 17636-2:2013 (пункт 3.3).

4 Общие требования

4.1 Если в спецификации на изделия или в соглашении между заказчиком и изготовителем не установлено иное, то радиографический контроль сварных швов должен проводиться после завершения всех технологических операций производства (прокатки, термической обработки, холодной и горячей деформации, калибрования, предварительной правки и т. п.).

4.2 Контроль должен проводиться только подготовленными операторами, сертифицированными по ISO 9712 или квалифицированными по ISO 11484, [22], и под руководством компетентного персонала, назначенного работодателем. В случае проведения контроля (инспекции) третьей стороной это должно быть согласовано между заказчиком и изготовителем.

Разрешение работодателя на проведение контроля должно выдаваться в соответствии с документированной процедурой. Процедура неразрушающего контроля (НК) должна быть согласована специалистом НК 3 уровня и утверждена работодателем.

Примечание — Определение уровней 1, 2 и 3 приведено в соответствующих международных стандартах, например в ISO 9712 и ISO 11484.

4.3 Трубы должны быть достаточно прямыми и очищенными от посторонних веществ, чтобы обеспечить достоверность контроля. На поверхности сварного шва и прилегающего основного металла не должно быть посторонних веществ и неоднородностей, которые могут повлиять на правильную интерпретацию радиографических изображений.

Допускается шлифовка поверхности труб для достижения приемлемого качества поверхности.

4.4 В случае удаления выпуклости (усиления) сварного шва маркировочные знаки (обычно в виде свинцовых стрелок) должны быть расположены на каждой стороне шва таким образом, чтобы можно было идентифицировать его положение на радиограмме. В качестве альтернативы для определения положения сварного шва может использоваться интегрированная система автоматического позиционирования.

4.5 Маркировочные знаки, обычно в виде свинцовых букв, должны быть помещены на каждом участке сварного шва так, чтобы их изображения присутствовали на каждой радиограмме, чтобы обеспечить однозначную идентификацию участка. В качестве альтернативы для определения положения каждой радиограммы вдоль сварного шва может использоваться интегрированная система автоматического позиционирования.

4.6 Маркировочные знаки должны быть отображены на записанных радиограммах, чтобы обеспечить опорные точки для точной идентификации положения каждой радиограммы. В качестве альтернативы автоматически определенное положение радиограммы может быть отображено на экране просмотра цифрового изображения программным обеспечением для точного определения положения.

4.7 Когда размер применяемого детектора меньше длины сварного шва, труба или детектор должны перейти в режим пуск-остановка, и цифровые радиограммы должны быть получены, когда труба не движется.

ВНИМАНИЕ — Облучение любой части тела человека рентгеновским или гамма-излучением может быть чрезвычайно опасным для здоровья. В случае использования рентгеновского оборудования или источников ионизирующего излучения необходимо принимать меры безопасности, соответствующие требованиям законодательства.

При использовании ионизирующего излучения необходимо строго соблюдать местные, национальные или международные правила безопасности.

5 Оборудование

Взамен радиографических снимков используют следующие способы формирования цифрового изображения:

a) CR с применением запоминающих пластин (см. [11], [12]);

b) радиографию с применением DDA (см. [18], [19]);

c) цифровую радиоскопию с объединением изображений (см. [8], [9], [10]).

6 Технология контроля

6.1 Цифровой радиографический контроль сварного шва проводят способами, указанными в разделе 5, перечисления a)—c).

6.2 В соответствии с ISO 17636-2:2013 должно быть установлено два класса качества изображения:

- класс А: радиографический контроль со стандартной чувствительностью;
- класс В: радиографический контроль с улучшенной чувствительностью.

Примечание — Для большинства изделий достаточно использования класса качества изображения А. Класс качества изображения В предназначен для применения в том случае, когда улучшенная чувствительность требуется для выявления всех обнаруживаемых дефектов.

Требуемый класс качества изображения должен быть установлен в соответствующей спецификации на изделие.

6.3 Цифровое изображение должно соответствовать классу качества изображения А или В.

6.4 Центральная ось пучка излучения должна быть направлена в центр участка контролируемого сварного шва перпендикулярно к поверхности трубы в данной точке.

6.5 Длина исследуемого за одну экспозицию участка должна быть такова, чтобы увеличение просвечиваемых толщин на концах информативного участка детектора не превышало просвечиваемой толщины в его центре более чем на 10 % для класса качества изображения В, и более чем на 20 % для класса качества изображения А, при условии, что соблюдены требования, установленные в 6.9 и разделе 7.

6.6 Следует применять способ просвечивания через одну стенку. Если геометрические параметры трубы не позволяют применить такой способ, то по соглашению между изготовителем и заказчиком применяют способ просвечивания через две стенки, если при этом может быть достигнута требуемая чувствительность.

6.7 Если геометрическое увеличение не применяют (см. 6.8), то расстояние между детектором и объектом контроля должно быть минимальным.

Минимальное значение расстояния f от источника излучения до объекта контроля должно быть выбрано таким образом, чтобы отношение данного расстояния к эффективному размеру фокусного пятна d, т. е. f/d, соответствовало значениям, полученным по следующим формулам:

- для класса качества изображения А:

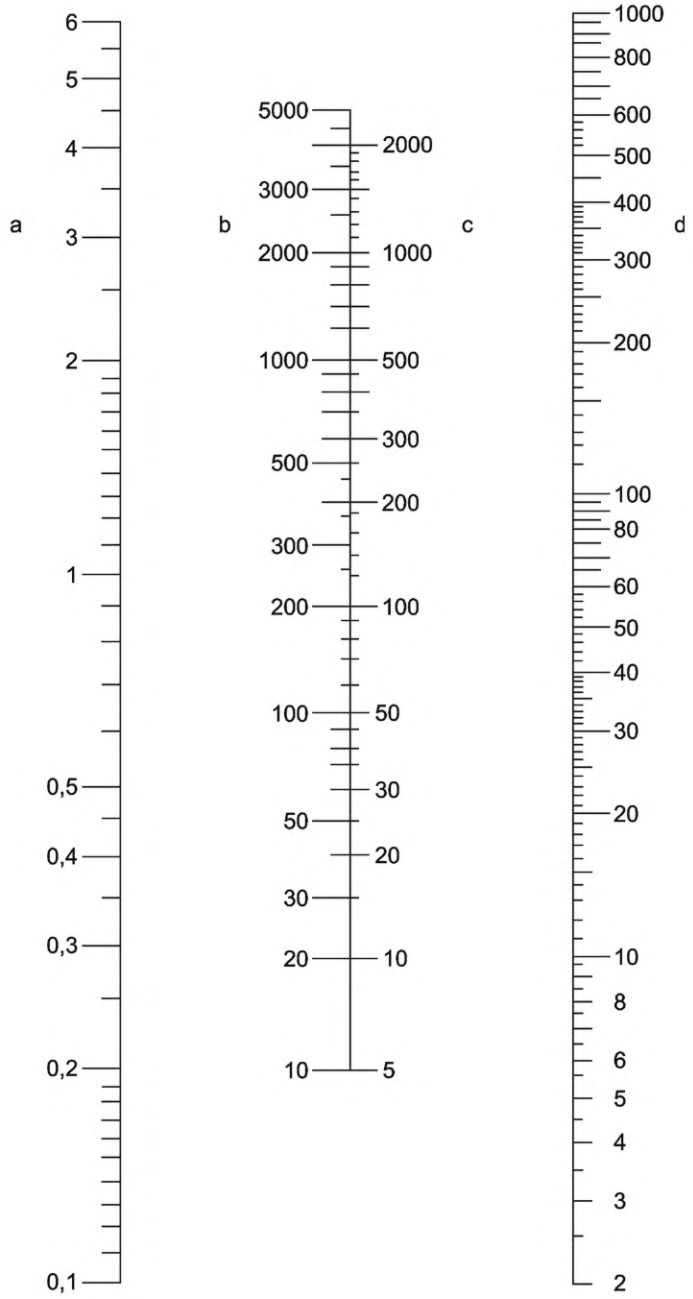
$$\frac{f}{d} \geq 7{,}5b^{2/3}, \tag{1}$$

- для класса качества изображений В:

$$\frac{f}{d} \geq 15b^{2/3}, \tag{2}$$

где b — расстояние между поверхностью сварного шва со стороны источника излучения и чувствительной поверхностью детектора, мм.

Примечание — Графически данные зависимости представлены на рисунке 1.



a — эффективный размер фокусного пятна *d*, мм; b — минимальное расстояние *f* от источника излучения до сварного шва для класса качества изображения B, мм; c — минимальное расстояние *f* от источника излучения до сварного шва для класса качества изображения A, мм; d — расстояние *b* между поверхностью сварного шва со стороны источника излучения и чувствительной поверхностью детектора, мм

Рисунок 1 — Номограмма для определения минимального расстояния *f* от источника излучения до сварного шва по отношению к расстоянию *b* от поверхности сварного шва со стороны источника излучения до детектора и эффективному размеру фокусного пятна *d*

6.8 Препятствием при применении DDA-систем является большой размер (более 50 мкм) элемента матрицы по сравнению с малым размером зерна пленки (что дает пленке очень высокую пространственную разрешающую способность).

Поэтому может быть невозможно достижение необходимого геометрического разрешения с установками (настройками), типичными для пленочной радиографии. Эта проблема может быть решена путем применения геометрического увеличения для достижения требуемого геометрического разреше-

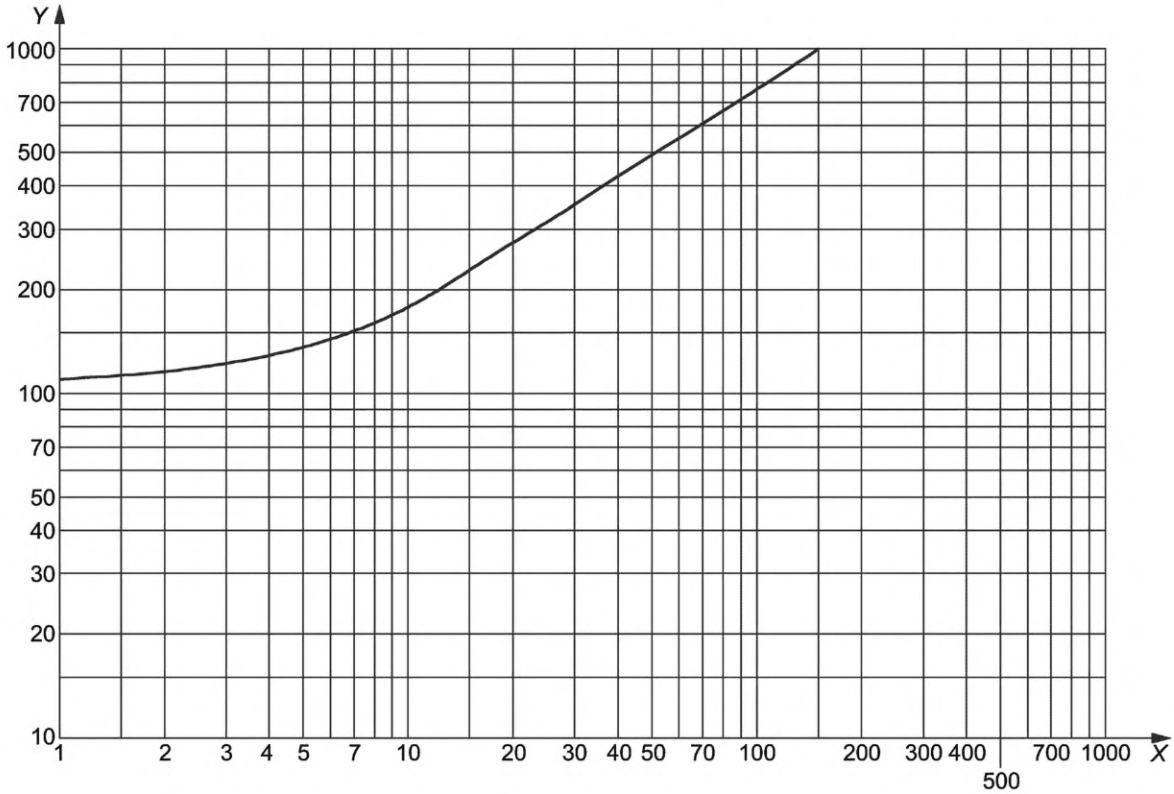
ния или применения принципа компенсации — увеличения отношения сигнал-шум (SNR) в изображении, описанном в 7.1. Разрешаются любые комбинации этих мер.

Для получения дополнительной информации о пространственном разрешении см. ISO 17636-2:2013 (пункт 7.7).

6.9 Условия экспозиции, включая напряжение на рентгеновской трубке, должны быть таковы, чтобы соответствовать требованиям к индикаторам качества изображения (IQI), указанным в разделе 7. Контрастность и яркость изображения можно регулировать по мере необходимости для просмотра цифровых изображений.

6.10 Для поддержания достаточной чувствительности для выявления дефектов напряжение на рентгеновской трубке рекомендуется устанавливать как можно ниже, а S/N_N цифрового изображения обеспечивать как можно выше. Рекомендуемые максимальные значения напряжения на рентгеновской трубке в зависимости от просвечиваемой толщины приведены на рисунке 2. Эти максимальные значения являются наилучшими для пленочной радиографии.

После точной калибровки DDA-системы могут обеспечить достаточное качество изображения при значительно более высоких напряжениях, как показано на рисунке 2.



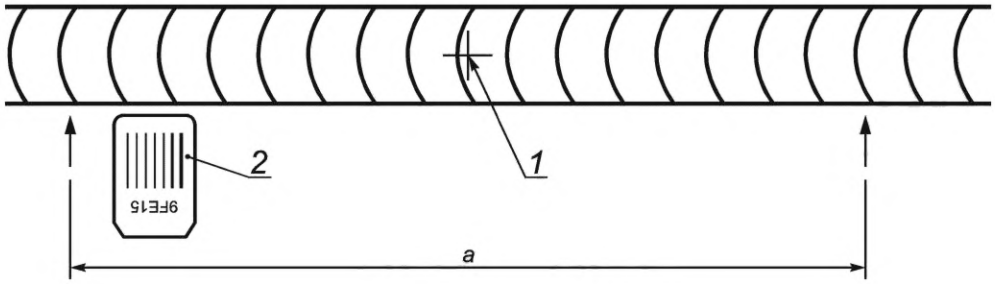
X — просвечиваемая толщина, мм; *Y* — напряжение на рентгеновской трубке, кВ

Рисунок 2 — Максимальное напряжение на рентгеновской трубке для аппаратов до 1000 кВ как функция от просвечиваемой толщины

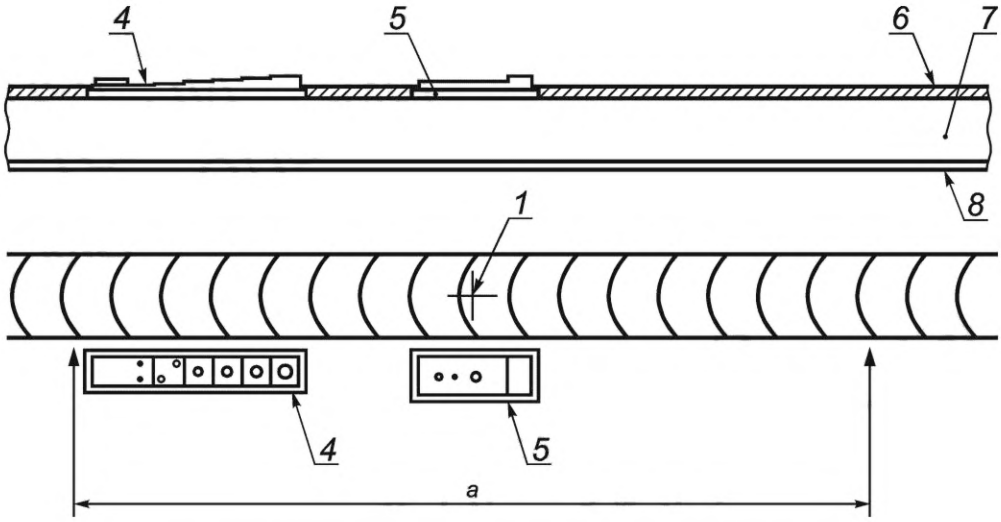
7 Качество изображения

7.1 По согласованию между заказчиком и изготовителем качество изображения определяют при помощи IQI одного из типов по ISO 19232-1, ISO 19232-2 и ISO 19232-5*. Соответствующий IQI устанавливают со стороны источника излучения на основном металле, прилегающем к сварному шву (см. рисунки 3 и 4).

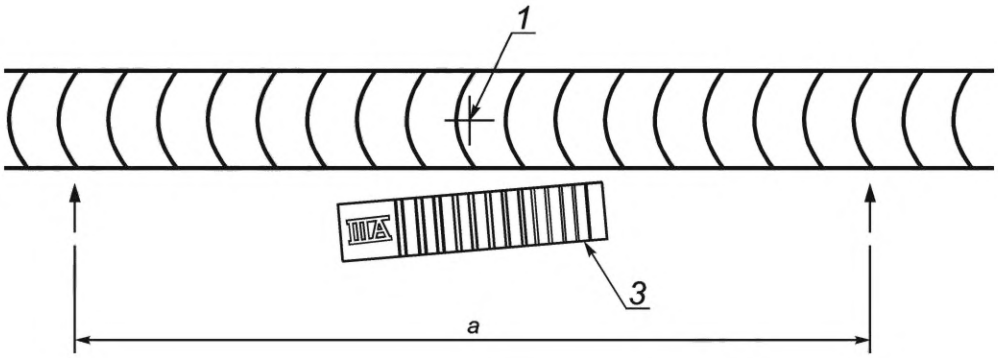
* В ISO 19232-1, ISO 19232-2 и ISO 19232-5 предусмотрены IQI проволочного, двухпроволочного, ступенчатого типов и типа пластина.



a — IQI проволочного типа



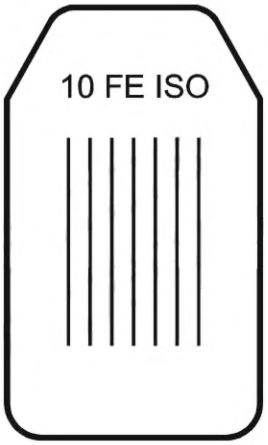
b — IQI ступенчатого типа с отверстиями и IQI типа пластина с отверстиями



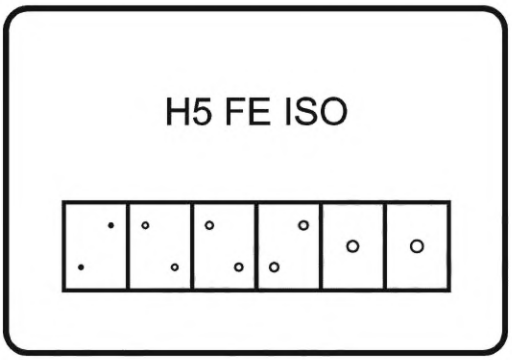
c — IQI двухпроволочного типа — для использования с IQI проволочного или ступенчатого типа с отверстиями

1 — центральная ось пучка излучения; *2* — IQI проволочного типа, самая тонкая проволока наиболее удалена от центральной оси пучка; *3* — IQI двухпроволочного типа, повернут приблизительно на 5°; *4* — IQI ступенчатого типа с отверстиями, самая тонкая ступенька наиболее удалена от центральной оси пучка; *5* — IQI типа пластина с отверстиями и при необходимости с компенсатором (подкладкой); *6* — наружная выпуклость (усиление) сварного шва; *7* — стенка трубы; *8* — внутренняя выпуклость (усиление) сварного шва; a — отображаемая DDA длина сварного шва или длина запоминающей пластины CR

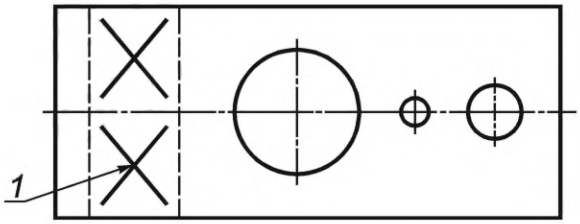
Рисунок 3 — Расположение IQI (основные требования)



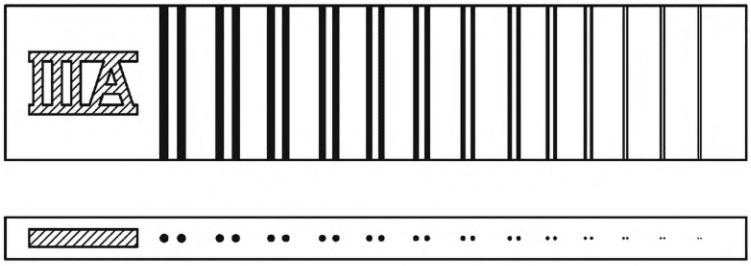
a — IQI проволочного типа



b — IQI ступенчатого типа с отверстиями



c — IQI типа пластина с отверстиями



d — IQI двухпроволочного типа

1 — место указания идентификационного номера

Рисунок 4 — Типы индикаторов качества изображения (IQI)

Примечание — На рисунке 4 *c* приведен IQI в соответствии с [14].

При применении IQI проволочного типа его проволоки должны быть направлены перпендикулярно сварному шву, и его расположение должно обеспечивать, чтобы было видно не менее 10 мм длины проволоки на основном металле, прилегающем к сварному шву. При необходимости установки дополнительного или IQI с большей длиной проволок, он должен быть размещен поперек сварного шва.

Если нет доступа к поверхности сварного шва со стороны источника излучения, IQI может располагаться со стороны детектора. В этом случае рядом с IQI следует поместить литеру «F», и это изменение в процедуре должно быть зафиксировано в протоколе контроля.

Расположение IQI со стороны детектора обычно дает возможность увидеть на изображении на 1—2 проволоки или отверстия больше, чем в случае размещения того же IQI со стороны источника излучения. Заказчик может потребовать проведения пробной экспозиции на образце трубы с расположением IQI со стороны источника излучения и со стороны детектора, более подробная информация приведена в ISO 17636-2:2013 (пункт 6.7).

Если контролируемые трубы имеют одинаковые размеры и требования заказа, достаточно использовать IQI каждые 4 ч или дважды в смену для проверки чувствительности изображения. При проведении проверки чувствительности IQI всегда должен находиться со стороны источника излучения.

Параметры, используемые при пробных экспозициях (настройки рентгеновского источника, детектора и их размещение), не должны изменяться для последующих изображений, полученных при IQI, расположенном со стороны детектора. Для стационарных систем и процессов, таких как автоматизированные системы контроля с использованием DDA, достаточно подтверждать качество изображения раз в смену, при условии, что размеры, материал труб и параметры контроля остаются неизменными. В этом случае рекомендуется выполнять проверку качества изображения с применением IQI, расположенных со стороны источника излучения.

Нерезкость изображения U_g должна быть измерена с использованием IQI двухпроволочного типа в соответствии с ISO 19232-5.

Значение показания нерезкости U_g по IQI двухпроволочного типа соответствует наименьшему номеру пары проволок (наибольшему диаметру проволоки) с отношением глубины впадины к высоте двойного пика на профиле распределения значений градаций серого менее 20 %, измеренное на поперечном участке пар проволок на цифровом изображении.

IQI двухпроволочного типа рекомендуется располагать под углом приблизительно 5° относительно ориентации пикселя для того, чтобы избежать эффектов наложения.

7.2 Базовое пространственное разрешение цифрового детектора $R_{bs}^{detector}$, зависящее от его конструкции и аппаратных параметров, должно определяться путем расположения IQI двухпроволочного типа непосредственно на детекторе. В этом случае $R_{bs}^{detector}$ определяют по следующей формуле:

$$R_{bs}^{detector} = 0{,}5U_g. \quad (3)$$

Принцип компенсации: если обе чувствительности, определяемые по IQI в соответствии с таблицами 1 и 2 (IQI проволочного типа, или ступенчатого типа с отверстиями и двухпроволочного типа), не могут быть достигнуты применяемой детекторной системой, высокое значение нерезкости может быть скомпенсировано улучшением видимости одного показателя IQI. Эта компенсация должна быть ограничена максимум тремя значениями по IQI.

Пример — Для толщины стенки трубы 10 мм, класс качества изображения B, необходимо применять IQI проволочного типа W14 и двухпроволочного типа D11. Если D11 не может быть достигнуто, то возможна компенсация: при снижении на два значения, с D11 до D9, происходит повышение на два значения, с W14 до W16.

Таблица 1 — Просвечивание через одну стенку — Класс качества изображения А

Размеры в миллиметрах

Номинальная толщина стенки трубы T	Номер проволоки, диаметр	Номинальная толщина стенки трубы T	Номер отверстия, диаметр	Номинальная толщина стенки трубы T	IQI двухпроволочного типа [a, b]	
					Нерезкость U_g	Диаметр проволоки [c] и расстояние
$T \le 1,2$	W18 0,063	$T \le 2$	H3 0,20	$T \le 2$	D11 0,16	0,080
$1,2 < T \le 2$	W17 0,08	$2 < T \le 3,5$	H4 0,25	$2 < T \le 5$	D10 0,20	0,100
$2 < T \le 3,5$	W16 0,10	$3,5 < T \le 6$	H5 0,32	$5 < T \le 10$	D9 0,26	0,130
$3,5 < T \le 5$	W15 0,13	$6 < T \le 10$	H6 0,40	$10 < T \le 25$	D8 0,32	0,160
$5 < T \le 7$	W14 0,16	$10 < T \le 15$	H7 0,50	$25 < T \le 55$	D7 0,40	0,200
$7 < T \le 10$	W13 0,20	$15 < T \le 24$	H8 0,64	$55 < T$	D6 0,50	0,250
$10 < T \le 15$	W12 0,25	$24 < T \le 30$	H9 0,80			
$15 < T \le 25$	W11 0,32	$30 < T \le 40$	H10 1,00			
$25 < T \le 32$	W10 0,40	$40 < T \le 60$	H11 1,25			
$32 < T \le 40$	W9 0,50	$60 < T$	H12 1,60			
$40 < T \le 55$	W8 0,63					
$55 < T$	W7 0,80					

[a] Рекомендуется использовать IQI двухпроволочного типа совместно с IQI проволочного типа или ступенчатого типа с отверстиями.

[b] IQI двухпроволочного типа рекомендуется исследовать с помощью профильной функции: при определении нерезкости рекомендуется определить наименьший номер пары проволок, имеющей отношение глубины впадины к высоте двойного пика на профиле распределения значений градаций серого менее 20 %.

[c] Базовое пространственное разрешение, определенное с помощью IQI двухпроволочного типа, расположенного на объекте со стороны источника в соответствии с ISO 17636-2:2013 (приложение С).

Таблица 2 — Просвечивание через одну стенку — Класс качества изображения В

Размеры в миллиметрах

Номинальная толщина стенки трубы T	Номер проволоки, диаметр	Номинальная толщина стенки трубы T	Номер отверстия, диаметр	Номинальная толщина стенки трубы T	IQI двухпроволочного типа [a, b]	
					Нерезкость U_g	Диаметр проволоки [c] и расстояние
$T \le 1,5$	W19 0,05	$T \le 2,5$	H2 0,16	$T \le 1,5$	D13+ Менее 0,10	Менее 0,05
$1,5 < T \le 2,5$	W18 0,063	$2,5 < T \le 4$	H3 0,20	$1,5 < T \le 4$	D13 0,10	0,05
$2,5 < T \le 4$	W17 0,08	$4 < T \le 8$	H4 0,25	$4 < T \le 8$	D12 0,13	0,065

Окончание таблицы 2

Номинальная толщина стенки трубы T	Номер проволоки, диаметр	Номинальная толщина стенки трубы T	Номер отверстия, диаметр	Номинальная толщина стенки трубы T	IQI двухпроволочного типа [a, b]	
					Нерезкость U_g	Диаметр проволоки [c] и расстояние
$4 < T \leq 6$	W16 0,10	$8 < T \leq 12$	H5 0,32	$8 < T \leq 12$	D11 0,16	0,080
$6 < T \leq 8$	W15 0,13	$12 < T \leq 20$	H6 0,40	$12 < T \leq 40$	D10 0,20	0,100
$8 < T \leq 12$	W14 0,16	$20 < T \leq 30$	H7 0,50	$40 < T$	D9 0,26	0,130
$12 < T \leq 20$	W13 0,20	$30 < T \leq 40$	H8 0,64			
$20 < T \leq 30$	W12 0,25	$40 < T \leq 60$	H9 0,80			
$30 < T \leq 35$	W11 0,32	$60 < T$	H10 1,00			
$35 < T \leq 45$	W10 0,40					
$45 < T \leq 65$	W9 0,50					
$65 < T$	W8 0,63					

[a] Рекомендуется использовать IQI двухпроволочного типа совместно с IQI проволочного типа или ступенчатого типа с отверстиями.

[b] IQI двухпроволочного типа рекомендуется исследовать с помощью профильной функции: при определении нерезкости рекомендуется определить наименьший номер пары проволок, имеющей отношение глубины впадины к высоте двойного пика на профиле распределения значений градаций серого менее 20 %.

[c] Базовое пространственное разрешение, определенное с помощью IQI двухпроволочного типа, расположенного на объекте со стороны источника в соответствии с ISO 17636-2:2013 (приложение C).

Примечание — Нерезкость D13+ достигается, если выявляется пара проволок D13, для которой отношение глубины впадины к высоте пиков на профиле распределения значений градаций серого более 20 %.

Контрастная чувствительность цифровых детекторов зависит от времени накопления и тока в трубке, мА, соответствующих заданному расстоянию и напряжению на трубке, используемых для получения радиограмм, поэтому увеличение видимости на одну проволоку может быть достигнуто за счет увеличения времени просвечивания и тока, мА.

7.3 Оба класса качества изображения определены в таблицах 1 и 2. Рекомендуется, чтобы минимальное нормализованное отношение сигнал-шум (S/N_{norm}) на основном металле было более 70 для класса качества изображения A и более 100 для класса качества изображения B. Нормализованное отношение сигнал-шум (S/N_{norm}) должно быть рассчитано по измеренному на основном металле, примыкающему к сварному шву, отношению сигнал-шум (S/N) и базовому пространственному разрешению детекторной системы

$$S/N_{norm} = S/N \cdot 88{,}6 \text{ мкм}/ R_{bs}^{detector}. \quad (4)$$

Примечание — Более подробная информация по измерению отношения сигнал-шум (SNR) представлена в [11], [17] или [18]. Значения IQI для больших толщин стенок представлены в ISO 17636-2:2013.

7.4 Для способа просвечивания через две стенки значение показателя качества изображения должно приниматься как для соответствующей удвоенной номинальной толщины стенки.

7.5 Там, где возможно, работоспособность цифровой системы рекомендуется определять с использованием образцов индикаторов качества (RQI). RQI рекомендуется изготавливать из материала с тем же коэффициентом ослабления и того же размера, что и контролируемые трубы. Рекомендуется использовать RQI для того, чтобы гарантировать, что настройки соответствуют техническим требованиям контроля.

7.6 В таблицах 1 и 2 определены два класса качества изображения.

8 Обработка изображения

8.1 Цифровые данные с радиографического детектора должны быть пропорциональны поглощенной дозе. Это должно быть предварительным условием для правильного измерения SNR для оценки качества изображения. Для наилучшего воспроизведения изображения рекомендуется отрегулировать контрастность и яркость. Дополнительно для обработки изображения и оценки в программное обеспечение могут быть интегрированы функции фильтрации, построения графиков и определения SNR.

Для достижения требуемого SNR рекомендуется выполнить калибровку DDA в соответствии с ISO 17636-2:2013.

Примечание — Инструмент определения SNR — это специальная программная процедура для измерения сигнала и шума линеаризованных данных в интересующей области изображения (см. ISO 17636-2:2013).

8.2 Дополнительные средства обработки изображений, применяемые к сохраненным исходным данным (например, высокочастотная фильтрация изображения), должны документироваться, быть воспроизводимыми и согласованы между изготовителем и заказчиком.

9 Классификация индикаций

9.1 Все индикации, обнаруженные на радиограмме, следует классифицировать как несовершенства или дефекты сварного шва, как описано в 9.2 и 9.3.

9.2 Несовершенствами являются несплошности сварного шва, обнаруженные при радиографическом контроле сварного шва в соответствии с настоящим стандартом. Несовершенства с размерами и/или плотностью скопления, не превышающими соответствующие критерии приемки, считаются несущественными для предполагаемого практического применения труб.

9.3 Дефектами сварного шва являются несовершенства с размерами и/или плотностью скопления, превышающими соответствующие критерии приемки. Считается, что дефекты неблагоприятно влияют или ограничивают применение труб.

10 Критерии приемки

10.1 При радиографическом контроле сварных швов должны применяться критерии приемки, указанные в 10.2—10.6, если в спецификации на трубы не установлены другие требования.

10.2 Не допускаются трещины, несплавления и непровары.

10.3 Допускаются отдельные округлые шлаковые включения и газовые поры диаметром до 3,0 мм или $T/3$ (T — номинальная толщина стенки трубы), в зависимости от того, что меньше.

Сумма диаметров всех подобных допустимых отдельных несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм или $12T$, в зависимости от того, что меньше, не должна превышать 6,0 мм или $0{,}5T$, в зависимости от того, что меньше, если расстояние между отдельными включениями менее $4T$.

10.4 Допускаются отдельные вытянутые шлаковые включения длиной до 12,0 мм или T, в зависимости от того, что меньше, или шириной до 1,5 мм.

Сумма длин всех подобных допустимых отдельных несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм или $12T$, в зависимости от того, что меньше, не должна превышать 12 мм, если расстояние между отдельными включениями менее $4T$.

Примечание — Графическое изображение критериев приемки, установленных в 10.3 и 10.4, приведено в приложении А.

10.5 Допускаются отдельные подрезы любой длины, глубиной не более 0,4 мм и не выводящие оставшуюся толщину стенки за минимальные значения.

Допускаются отдельные подрезы длиной не более *T*/2, глубиной не более 0,5 мм и не более 10 % номинальной толщины стенки, при условии, что на любом участке сварного шва длиной 300 мм обнаружено не более двух таких подрезов и все они зачищены.

10.6 Не допускаются подрезы на внутреннем и наружном сварных швах, совпадающие в продольном направлении.

11 Приемка

11.1 Трубы, в сварном шве которых не обнаружены несовершенства, превышающие соответствующие критерии приемки, должны считаться годными.

11.2 Трубы, в сварном шве которых обнаружены несовершенства, превышающие соответствующие критерии приемки, должны считаться сомнительными.

11.3 Для сомнительной трубы с учетом требований спецификации на трубы должны быть предприняты одно или несколько из следующих действий:

a) сомнительный участок сварного шва должен быть зачищен. Полнота устранения дефектов должна быть проконтролирована капиллярным или магнитопорошковым методом, и затем зачищенный участок следует повторно проконтролировать радиографическим методом. Оставшаяся толщина стенки должна быть измерена подходящим методом для проверки соответствия установленным предельным отклонениям;

b) сомнительный участок сварного шва должен быть отремонтирован при помощи сварки, выполняемой в соответствии с утвержденной процедурой сварки. Затем отремонтированный участок сварного шва должен быть проконтролирован радиографическим методом в соответствии с требованиями настоящего стандарта и спецификации на трубы;

c) участок трубы с сомнительным сварным швом должен быть отрезан. Оставшаяся длина трубы должна быть измерена для проверки соответствия установленным предельным отклонениям;

d) труба должна быть забракована.

12 Сохранение и представление изображений

Исходное изображение должно быть сохранено с разрешением, полученным детекторной системой. До сохранения этих исходных данных должна применяться только обработка изображения, связанная с калибровкой детектора (например, коррекция смещения, калибровка по усилению для выравнивания детектора по пикселям и коррекция плохих пикселей (см. [18]), чтобы обеспечить отсутствие артефактов на изображении).

Для оценки изображения рекомендуется, чтобы дисплей соответствовал следующим требованиям:

- минимальная яркость — 250 кд/м^2;
- минимальное количество оттенков серого — 256;
- минимальная контрастность — 1:250;
- минимальное разрешение экрана — 1000x1000 пикселей с размером менее 0,30 мм.

Оценку изображения проводят в темном помещении. Настройку дисплея проверяют с помощью соответствующего тестового изображения.

При радиографическом контроле с применением цифровых детекторов для обработки и передачи цифровых изображений рекомендуется использовать формат DICONDE в соответствии с [20].

13 Протокол контроля

Если договором не предусмотрено иное, изготовитель должен представить протокол испытаний. Изготовитель должен представить как минимум следующую информацию:

a) ссылку на настоящий стандарт;

b) заключение о соответствии;

c) любое отклонение от установленных процедур, осуществленное по согласованию либо по каким-либо причинам;

d) обозначение изделия, марку стали и размеры;

e) источник излучения, тип и эффективный размер фокусного пятна, напряжение и ток в рентгеновской трубке;

f) детектор и программное обеспечение, используемые для получения изображения и его отображения;

g) время экспозиции для каждого изображения, дата последней калибровки детектора;

h) геометрическую схему, увеличение и расстояние между источником и трубой;

i) тип и положение индикатора качества изображения (IQI);

j) распознанное значение IQI и минимальное отношение сигнал-шум (SNR) в основном материале;

k) полученный класс качества изображения;

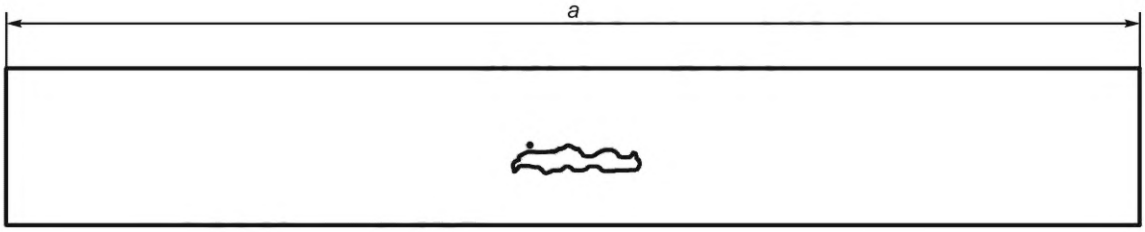
l) имя файла и место хранения исходного изображения;

m) дату проведения контроля и оформления протокола контроля;

n) идентификация лица, проводившего контроль (код, идентификационные данные (ID), имя и фамилия), сведения о его сертификации и/или квалификации (по ISO 11484, ISO 9712 или эквивалентному стандарту), уровень и подпись.

Приложение А
(справочное)

Примеры распределения несовершенств



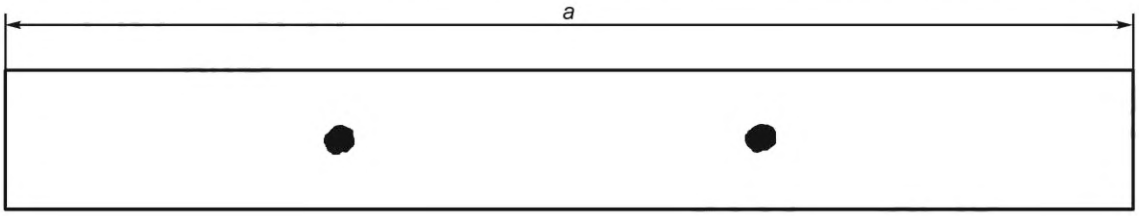
a — пример 1: одно несовершенство размером 12,0 мм

b — пример 2: два несовершенства размером 6,0 мм

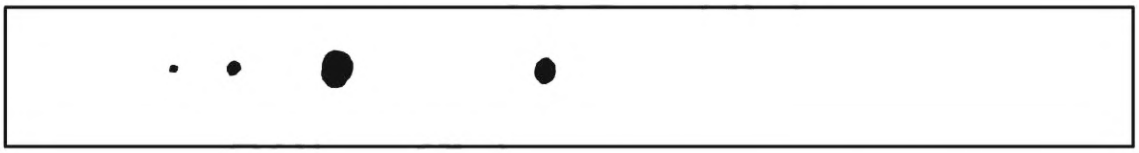
c — пример 3: три несовершенства размером 4,0 мм

a — участок сварного шва длиной 150 мм или 12*T* (*T* — номинальная толщина стенки трубы), в зависимости от того, что меньше

Рисунок А.1 — Примеры максимального допустимого распределения несовершенств в виде вытянутых шлаковых включений для номинальной толщины стенки трубы более 12 мм



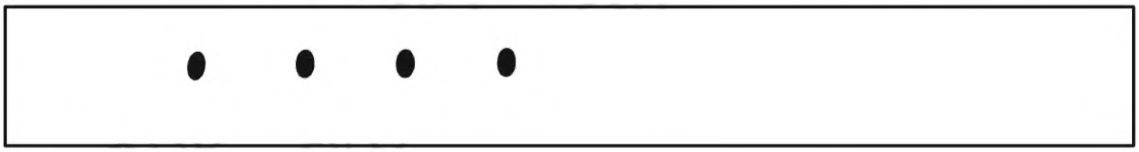
a — пример 1: два несовершенства размером 3,0 мм



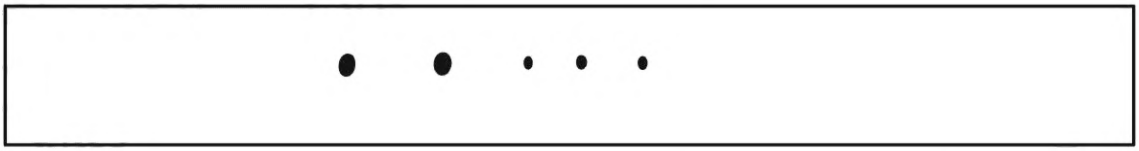
b — пример 2: по одному несовершенству размером 3,0, 1,5, 1,0, 0,5 мм

Рисунок А.2 — Примеры распределения несовершенств в виде газовых пор для номинальной толщины стенки труб более 12 мм

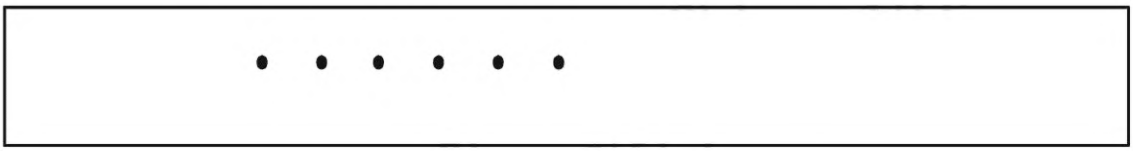
c — пример 3: по одному несовершенству размером 3,0, 1,0 и четыре размером 0,5 мм



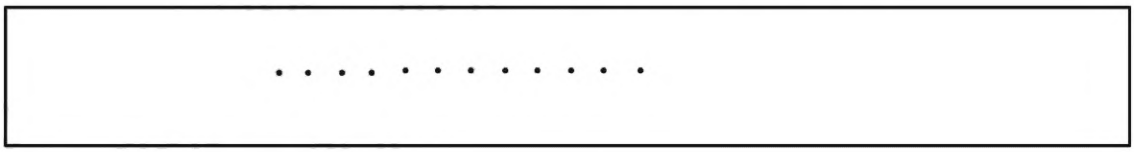
d — пример 4: четыре несовершенства размером 1,5 мм



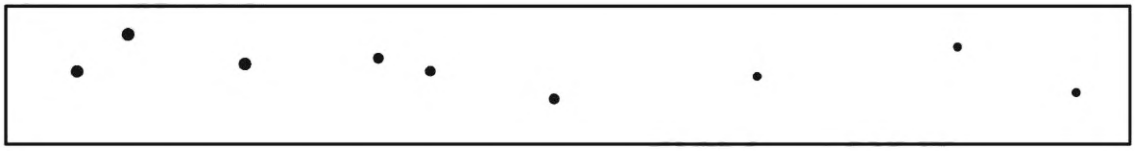
e — пример 5: два несовершенства размером 1,5 мм и три размером 1,0 мм



f — пример 6: шесть несовершенств размером 1,0 мм



g — пример 7: двенадцать несовершенств размером 0,5 мм



h — пример 8: три несовершенства размером 1,0 мм и четыре размером 0,75 мм (рассеянные)

a — участок сварного шва длиной 150 мм или 12*T*
(*T* — номинальная толщина стенки трубы), в зависимости от того, что меньше

Рисунок А.2, лист 2

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 5576	—	*
ISO 9712	—	*
ISO 11484	—	*
ISO 17636-2:2013	IDT	ГОСТ ISO 17636-2—2017 «Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 2. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением цифровых детекторов»
ISO 19232-1	—	*
ISO 19232-2	—	*
ISO 19232-5	—	*

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

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

[1] ISO 10893-6 Non-destructive testing of steel tubes — Part 6: Radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 6. Радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов)

[2] 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)

[3] 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)

[4] ISO 14096-1 Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitisation systems — Part 1: Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control (Контроль неразрушающий. Оценка систем оцифровки радиографических пленок. Часть 1. Определения, количественные измерения параметров качества изображения, стандартная эталонная пленка и контроль качества)

[5] ISO 14096-2 Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitisation systems — Part 2: Minimum requirements (Контроль неразрушающий. Оценка систем оцифровки радиографических пленок. Часть 2. Минимальные требования)

[6] ISO 17636-1 Non-destructive testing of welds — Radiographic testing — Part 1: X- and gamma-ray techniques with film (Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 1. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением пленки)

[7] 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)

[8] EN 13068-1 Non-destructive testing — Radioscopic testing — Part 1: Quantitative measurement of imaging properties (Неразрушающий контроль. Рентгеноскопический контроль. Часть 1. Количественное измерение характеристик формирования изображения)

[9] EN 13068-2 Non-destructive testing — Radioscopic testing — Part 2: Check of long term stability of imaging devices (Неразрушающий контроль. Рентгеноскопический контроль. Часть 2. Проверка долговременной стабильности устройств формирования изображения)

[10] EN 13068-3 Non-destructive testing — Radioscopic testing — Part 3: General principles of radioscopic testing of metallic materials by X- and gamma rays (Неразрушающий контроль. Рентгеноскопический контроль. Часть 3. Основные положения рентгеноскопического контроля металлических материалов рентгеновскими и гамма-лучами)

[11] EN 14784-1 Non-destructive testing — Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates — Part 1: Classification of systems (Неразрушающий контроль. Промышленная компьютерная радиография с помощью фосфорных плат ЗУ. Часть 1. Классификация систем)

[12] EN 14784-2 Non-destructive testing — Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates — Part 2: General principles for testing of metallic materials using X-rays and gamma rays (Неразрушающий контроль. Промышленная компьютерная радиография с помощью фосфорных плат ЗУ. Часть 2. Основные принципы испытания металлических материалов с помощью рентгеновских и гамма-лучей)

[13] ASTM E1000 Standard Guide for Radioscopy (Стандартное руководство для рентгеноскопии)

[14] ASTM E1025 Standard Practice for Design, Manufacture, and Material Grouping Classification of Hole-Type Image Quality Indicator (IQI) Used for Radiology (Стандартное практическое руководство по проектированию, изготовлению и классификации группы материалов индикаторов качества изображения (IQI), используемых в радиологии)

[15] ASTM E1817-08* Standard Practice for Controlling Quality of Radiological Examination by Using Representative Quality Indicators (RQIs) (Стандартная практика для контроля качества рентгенологического исследования с использованием репрезентативных показателей качества (RQIs))

[16] ASTM E2445-05** Standard Practice for Qualification and Long-Term Stability of Computed Radiology Systems (Стандартная практика для квалификации и долгосрочной стабильности компьютерной радиологии систем)

[17] ASTM E2446-05*** Standard Practice for Classification of Computed Radiology Systems (Стандартное практическое руководство по определению технологических характеристик компьютерных рентгенографических систем)

[18] ASTM E2597-07*4 Standard Practice for Manufacturing Characterization of Digital Detector Arrays (Стандартное практическое руководство по определению характеристик матриц цифровых детекторов в процессе производства)

[19] ASTM E2698 Standard Practice for Radiological Examination Using Digital Detector Arrays (Стандартное практическое руководство по радиографическому исследованию с использованием цифровых детекторных решеток)

[20] ASTM E2699 Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Digital Radiographic (DR) Test Methods (Стандартная практика для цифровых изображений и коммуникации в неразрушающем контроле (DICONDE) для цифровой радиографии (ЦР), методы испытаний)

[21] ASTM E2736 Standard Guide for Digital Detector Array Radiography (Стандартное руководство по радиографии с применением цифровой детекторной решетки)

[22] ASNT SNT-TC-1A Recommended Practice No. SNT-TC-1A, and ASNT Standard Topical Outlines for Qualification of Nondestructive Testing Personnel (ANSI/ASNT CP-105) (Рекомендуемая практика ASNT для квалификации и сертификации персонала неразрушающего контроля (SNT-TC-1A) и ее использование)

* Заменен на ASTM E1817-08(2014).

** Заменен на ASTM E2445/E2445M-20.

*** Заменен на ASTM E2446-16.

*4 Заменен на ASTM E2597/E2597M-14.

УДК 621.774.08:620.179:006.354

МКС 23.040.10
77.040.20
77.140.75

Ключевые слова: трубы стальные, неразрушающий контроль, цифровой радиографический метод, дефекты

Редактор *Д.А. Кожемяк*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 07.12.2021. Подписано в печать 30.12.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

Поправка к ГОСТ ISO 10893-7—2021 Трубы стальные бесшовные и сварные. Часть 7. Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 8 2022 г.)