

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЕТОДИКА  
РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ СВАРКОЙ  
ПЛАВЛЕНИЕМ**

**ЧАСТЬ 1. СТЫКОВЫЕ СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ  
ТОЛЩИНОЙ ДО 50 ММ, ВЫПОЛНЕННЫЕ СВАРКОЙ ПЛАВЛЕНИЕМ**

RECOMMENDED PRACTICE FOR RADIOGRAPHIC EXAMINATION OF  
FUSION WELDED JOINTS

PART 1. FUSION WELDED BUTT JOINTS IN STEEL PLATES UP TO 50 MM THICK

**ISO  
1106/1–  
1984(E)**

**ВВЕДЕНИЕ**

Обнаружение дефектов в промышленном изделии, выполняемое вследствие скрытности рентгенографическим или гаммаграфическим методами (последний — источником ионизирующего излучения на базе радиоактивного изотопа), зависит от особенностей использования этих методов.

Поскольку качество результирующей рентгеногаммаграммы не может быть обеспечено индикатором качества изображения (ИКИ), когда подобный используется в работе, данная часть стандарта ИСО 1106 указывает методы, необходимые для получения сравнимых рентгеногаммаграмм от различных источников (см. п. 6.7).

Эта часть стандарта ИСО 1106 призвана обеспечить более единообразные приемы практического контроля и тем самым упростить последующий анализ рентгеногаммаграмм и их расшифровку.

**1. НАЗНАЧЕНИЕ СТАНДАРТА**

Данная часть стандарта ИСО 1106 специально уточняет общие методы радиографического контроля сварных швов в целях достижения удовлетворительных результатов контроля с учетом экономических факторов. Эти методы основываются на общепринятой практике и фундаментальной теории радиационного контроля.

**2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Настоящая часть стандарта ИСО 1106 распространяется на радиографический контроль сварных соединений стальных листов, выполненных сваркой плавлением, толщиной до 50 мм.

Эта часть стандарта не задает каких-либо радиографических критериев приемки сварных швов от исполнителя, а посвящена лишь используемым в качестве рекомендуемых радиографическим методам контроля.

Во многих случаях описанные методы применимы также к сталям толщиной более 50 мм, однако методы, подлежащие использованию для сталей толщиной от 50 до 200 мм, отдельно описаны в части 2 стандарта ИСО 1106.

*Примечание.* Значения показаний индикатора качества изображения (ИКИ) для различных типов сварных структур не входят в объем данной части стандарта ИСО 1106. Однако если описанные здесь методы используются правильно, то должно быть возможным получить без затруднений значения ИКИ, приведенные в стандарте ИСО 2504 как минимальные требования.

### 3. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СТАНДАРТЫ ИСО И ПУБЛИКАЦИЯ МКРЗ)

ИСО 1027. Радиографические индикаторы качества изображения для неразрушающего контроля. Принципы и выявления.

ИСО 1106/2. Рекомендуемая методика радиографического контроля сварных соединений, выполненных сваркой плавлением. Часть 2. Стыковые сварные соединения стальных листов толщиной свыше 50 и до 200 мм включительно, выполненные сваркой плавлением.

ИСО 2504. Радиология сварных швов и условия просмотра для пленок. Использование рекомендуемых моделей индикаторов качества изображения (ИКИ).

ИСО 5576. Промышленная радиология. Неразрушающий контроль. Словарь.

ИСО 5579. Неразрушающий контроль — радиографический контроль металлических материалов рентгеновскими и гамма-лучами. Основные правила.

ИСО 5580. Неразрушающий контроль — промышленные радиографические светоблоки. Минимальные требования.

ИСО 7004. Фотография — промышленная рентгеновская пленка. Определение скорости по ИСО и среднего градиента по ИСО при экспонировании на рентгеновских лучах и гамма-излучении.

МКРЗ. Публикация 9. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ = ICRP — International Commission on Radiological Protection).

### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Для целей настоящей части стандарта ИСО 1106 применяются определения, приведенные в стандарте ИСО 5576.

### 5. КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Радиографические методы подразделяются на два класса:

класс А: общие методы для рентгеновского и гамма-контроля;

класс В: методы для рентгеновского и гамма-контроля с большей чувствительностью в обнаружении дефектов.

Большинство применений охватывается использованием методов класса А. Методы класса В предназначаются для более важных и трудных задач, где методы класса А могут оказаться недостаточно чувствительными, чтобы выявить все дефекты, которые желательно обнаружить. Класс В включает методы, при которых используются только мелкозернистые пленки и свинцовые экраны, поэтому они требуют более длительного экспонирования.

Дальнейшие подробности даны в разд. 7, в особенности должен быть отмечен последний абзац п. 7.8.

## 6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

### 6.1. Защита от ионизирующих излучений

**Предупреждение.** Воздействие на любую часть человеческого тела рентгеновских или гамма-лучей может быть очень вредным для здоровья. Там, где используются рентгеновские аппараты или радиоактивные источники, должны быть приняты достаточные меры предосторожности для защиты оператора-радиографа и любого другого лица вблизи работающих аппаратов и источников.

Имеющие силу местные или общегосударственные требования по технике безопасности в отношении рентгеновских и гамма-лучей должны строго соблюдаться.

При отсутствии таких нормативных указаний следует обратиться к Публикации 9 МКРЗ.

### 6.2. Подготовка поверхности

Для того чтобы упростить расшифровку рентгеногаммаграмм, рекомендуется удалить неровности поверхности перед их получением. В большинстве случаев подготовка поверхности не нужна для проведения радиографического контроля, но там, где неровности поверхности могли бы вызвать трудности в выявлении внутренних дефектов, поверхность должна быть зачищена до ровной.

### 6.3. Положение шва на рентгеногаммаграмме

Маркеры, обычно в виде направляющих стрелок или других символов, должны наноситься с каждой стороны шва, чтобы его место на снимке легко распознавалось. Это может быть излишним, если сохранено усиление сварного шва.

### 6.4. Идентификация рентгеногаммаграмм

Буквы или символы — определители снимка должны быть соотнесены с каждым участком просвечиваемого шва. Изображения этих ключевых букв-меток должны быть видны на рентгеногаммаграмме, чтобы гарантировать однозначное указание/опознание данного участка.

### 6.5. Маркировка

В общем случае постоянные маркировки на изделии создают базовые точки отсчета для точного определения позиции каждого рентгеновского и гаммарadiационного снимка. Там, где характер материала или его эксплуатационные условия делают простановку штампа невозможной, должны быть изысканы другие подходящие способы для разметки-трассировки снимков. Это может быть выполнено красящими метками или точным эскизированием.

### 6.6. Наложение пленок

При радиографировании протяженного сварного шва отдельными пленками последние должны быть наложены с перекрытием по меньшей мере 10 мм для гарантии того, что ни одна часть шва по его длине не осталась непроконтролированной.

### 6.7. Индикатор качества изображения

Индикатор качества изображения (ИКИ) мягкой стали того типа, который указан в спецификации стандарта ИСО 1027 и согласован между договорными сторонами, должен быть установлен на поверхность, обращенную к источнику излучения, и в зависимости от его модели вблизи или поперек сварного шва. Только в том случае, когда эта поверхность не имеет доступа, ИКИ ставится со стороны пленки. При этом ключевая буква «F» должна быть помещена вблизи ИКИ, и это должно быть отмечено в отчете о контроле, так как показания ИКИ в этих случаях будут различны. В этих случаях может оказаться необходимым выполнить специальные сравнительные экспо-

нирования с ИКИ в двух этих позициях. В отношении деталей рекомендуемых моделей ИКИ следует использовать стандарт ИСО 1027.

В отношении дальнейших подробностей следует обратиться к стандарту ИСО 2504.

## **7. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОГАММАГРАММ**

### **7.1. Пленки и экраны**

Используемые для класса А пленки (см. стандарты ИСО 5579 и ИСО 7004) должны быть по меньшей мере среднезернистыми, в то время как для класса В они должны быть по меньшей мере мелкозернистыми.

Для рентгеновских лучей и гамма-излучения от источника излучения иридий-192 передний и задний усиливающие экраны должны иметь как для класса А, так и для класса В толщину в пределах от 0,02 до 0,25 мм.

В общем случае при работе с рентгеновскими лучами более тонкие экраны позволяют выбирать более короткие выдержки при экспонировании.

Для напряжений рентгеновских источников ниже 120 кВ не нужен передний экран, хотя все же тонкий свинцовый экран иногда полезен для уменьшения рассеяния радиации.

Для гамма-излучения от источника кобальт-60 могут использоваться передний и задний экраны из меди, стали или других металлов и сплавов с низким атомным номером или свинец.

Для этих экранов толщина должна быть равна 0,2–0,5 мм.

В случаях, где используется метод двойной пленки, промежуточный экран должен также иметь толщину в указываемых выше пределах. Использование селеусиливающих экранов не рекомендуется, но если в силу неизбежных обстоятельств они применены, то экраны должны быть типа с «высоким разрешением» или четкостью. Их использование должно быть отмечено в отчете о контроле, поскольку в общем случае они вызывают потерю четкости в радиографическом изображении.

### **7.2. Кассеты**

Пленки и экраны (если они используются) должны помещаться в кассетах, которые могут быть либо жесткими, либо гибкими. Ввиду трудности приобретения кассет с кривизной, совпадающей с профилем проверяемого образца, так, чтобы вся длина пленки находилась в тесном контакте со сварным швом, иногда необходимо использовать гибкие кассеты. Если последние используются в работе, то необходимо предпринять меры предосторожности, чтобы обеспечить хороший контакт «пленка—экран»; это может быть наилучшим образом достигнуто с помощью вакуум-упакованных пленок. Когда используются низковольтные рентгеновские источники, необходимо, чтобы передняя часть кассеты не вызывала избыточного поглощения рентгеновских лучей.

Этот подпункт не должен препятствовать применению предварительно упакованного отрезка пленки, выполненного как одно целое с усиливающими экранами.

### **7.3. Юстировка пучка**

Пучок излучения должен быть направлен в середину обследуемого участка и должен быть перпендикулярен поверхности листа в этом месте, кроме этого некоторые особо выявляемые дефекты лучше обнаруживаются, как известно, при другой направленности пучка; подобные дефекты находятся на лицевой стороне оплавления, и тогда экспонирование должно быть осуществлено пучком, направленным вдоль стороны оплавления.

#### 7.4. Перехват нежелательной и рассеиваемой радиации

Никакое обратно-рассеянное излучение не должно попадать на пленку. Чтобы добиться этого, пленку надо экранировать от такого излучения достаточной толщины свинцом, например, 1 мм или более, помещаемым за сборкой «пленка—экран».

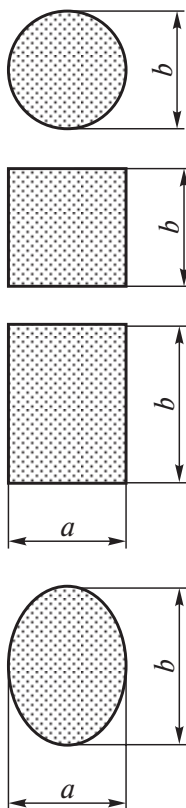
Кроме того, чтобы снизить эффект внутренне-рассеянного излучения, должно быть предусмотрено достаточное маскирование для ограничения облучаемой площади контролируемого шва.

**Примечание.** В некоторых случаях при использовании излучения от источника гамма-излучения кобальт-60 между контролируемым изделием и пленкой может быть вставлен фильтр из свинца толщиной 2 мм. Этот фильтр может быть вне или внутри кассеты. Когда используются усиливающие экраны не из свинца, а из другого металла, этот фильтр, если это более удобно, может заменяться толстым передним контрастным экраном.

#### 7.5. Расстояние «источник—пленка»

Расстояние между пленкой и поверхностью сварного шва должно быть как можно меньше. Минимальное расстояние «источник—контролируемое изделие»  $d$  (то есть расстояние между источником излучения и поверхностью образца, обращенной к рентгеновской трубке или источнику гамма-излучения) зависит от эффективного размера фокального пятна  $f$  луча источника излучения и от расстояния  $b$  между пленкой и поверхностью изделия (которое обычно равно толщине изделия  $t$ ).

Эффективный размер фокального пятна  $f$  определяется, как показано на рис. 1, по проецируемым изображениям фокального пятна\*.



**Рис. 1.** Определение эффективного размера фокального пятна по проецируемым изображениям фокального пятна различной формы (эффективная ширина фокального пятна  $f = (a + b)/2$ )

\* Это проецируемое изображение может быть получено, например, в соответствии с документом Международного института сварки «Рекомендации по определению размера фокального пятна рентгеновских трубок» (IIS/IIW/183/65), подготовленным совместно с Международным институтом по механическому напряжению (IIS).

Минимальное расстояние «источник—изделие»  $d$  должно выбираться так, чтобы отношение этого расстояния к эффективному размеру фокального пятна  $f$ , то есть  $d/f$ , не было ниже значения, задаваемого нижеследующими уравнениями:

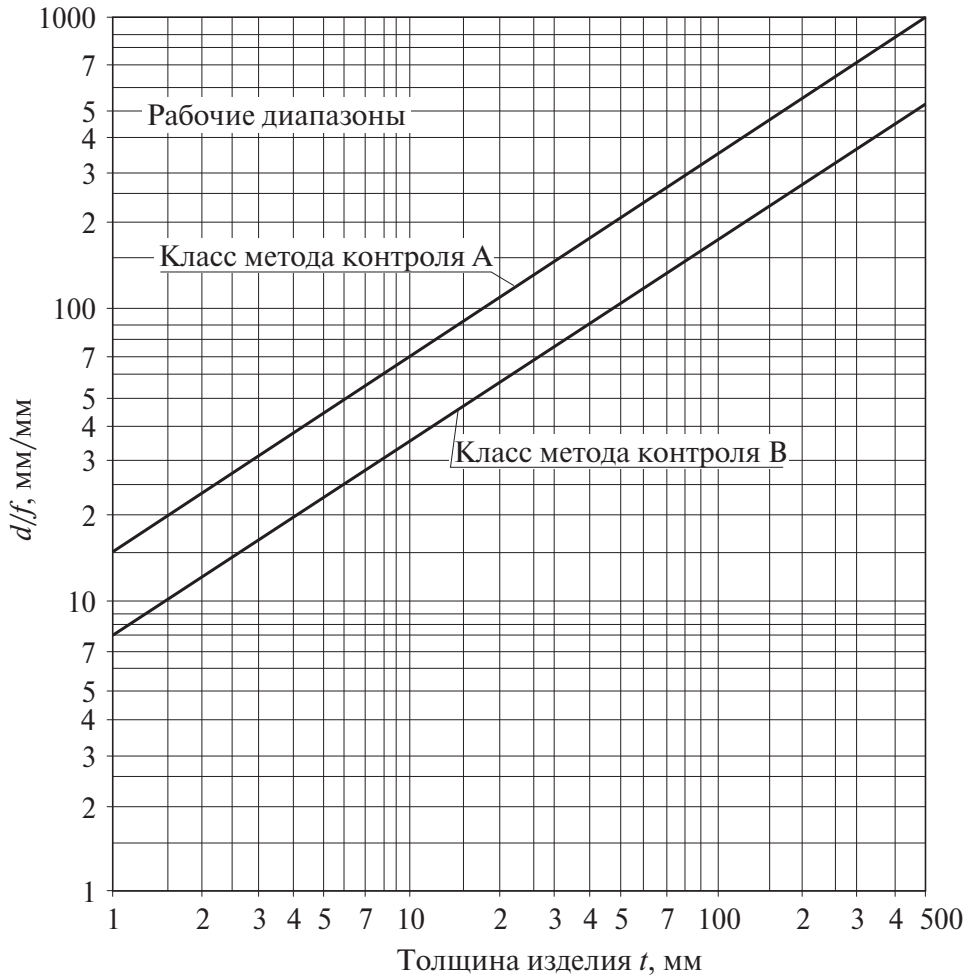
для класса А

$$d/f = 7,5t^{2/3};$$

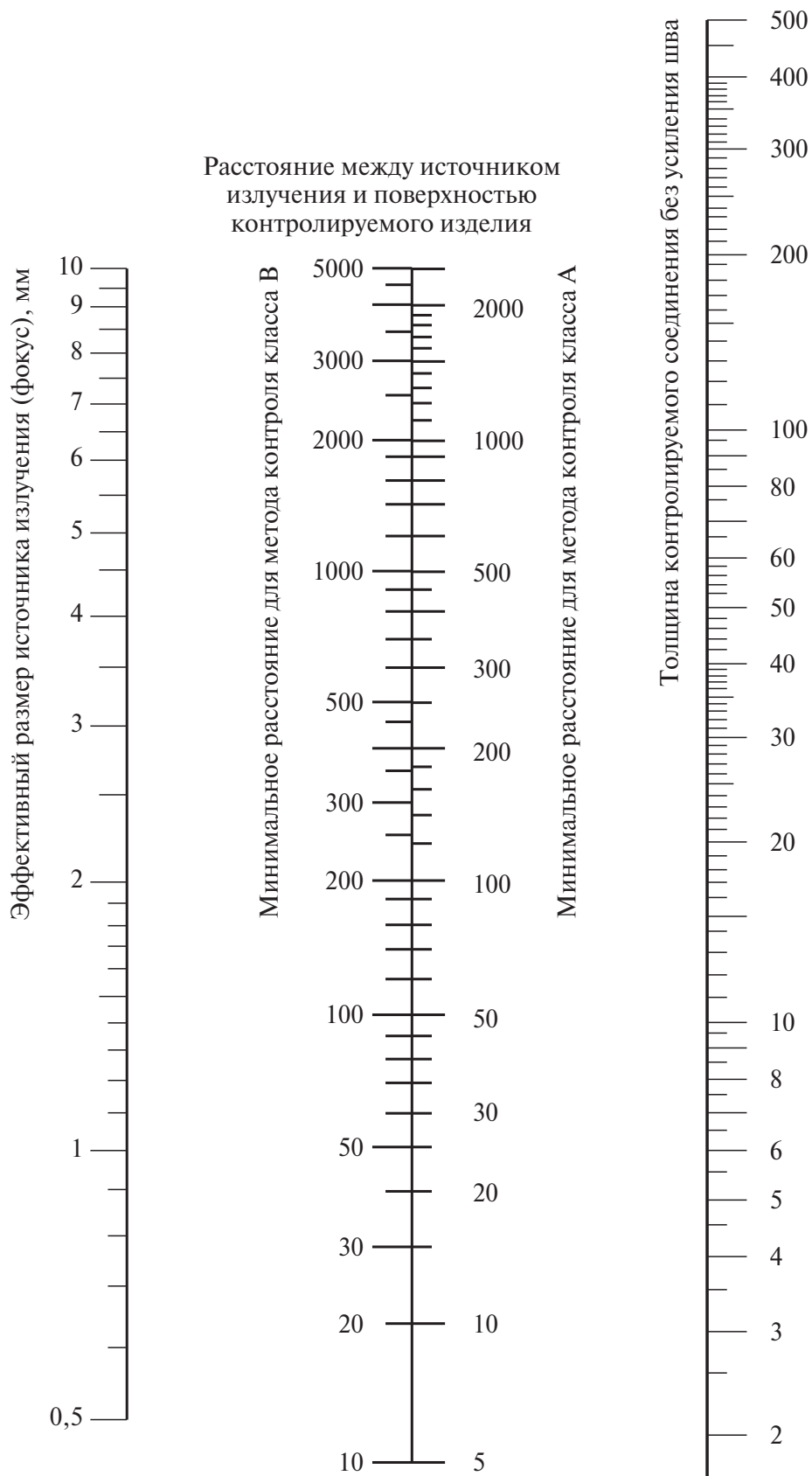
для класса В

$$d/f = 15t^{2/3}.$$

Эти соотношения представлены графически на рис. 2 и как номограмма на рис. 3.



**Рис. 2.** Требуемые минимальные значения отношения  $d/f$ , построенные в зависимости от толщины изделия  $t$ :  $d$  — расстояние между источником излучения и поверхностью изделия, обращенной к источнику излучения;  $f$  — эффективный размер источника излучения (фокус);  $t$  — толщина изделия в направлении пучка излучения



**Рис. 3.** Номограмма для определения минимального расстояния между источником излучения и поверхностью изделия по толщине изделия и эффективному размеру источника излучения

Если расстояние  $b$  между поверхностью контролируемого изделия и пленкой велико по сравнению с толщиной  $t$  на оси абсцисс (см. рис. 2) или на правой шкале (см. рис. 3), то  $t$  должно быть заменено на  $b$ .

### 7.6. Размер обследуемой площадки

Максимальная длина подвергаемого проверке сварного шва при каждом экспонировании должна определяться по разности между толщиной материала, пронизываемого по центру пучка излучения, и толщиной его по краям пленки, измеренной в направлении пучка в этих точках. Разность в фотографической плотности, результирующая по этим изменениям толщины и отражаемая на пленке, должна дать в итоге значения плотности не ниже указанных в п. 7.7 и не выше разрешимых имеющимся проектором, делая возможным подходящее маскирование.

### 7.7. Фотографическая плотность рентгенограмм

Режимы экспозиции должны быть такими, чтобы фотографическая плотность рентгенограммы с бездефектного металла сварного шва в обследуемой области, включая плотность вуали, была больше, чем приведенная в табл. 1.

Таблица 1

Фотографическая плотность рентгенограмм

Класс метода контроля	Фотографическая плотность
А	1,7 или более*
В	2,0 или более

\* Значение может быть снижено до 1,5 в случае специального согласования между договорными сторонами.

Повышенные фотографические плотности могут быть использованы с успехом там, где просмотровый свет достаточно яркий, чтобы провести адекватную интерпретацию/расшифровку снимка. Верхний предел плотности зависит от яркости имеющегося просмотрового экрана для пленки (проектора), и во всяком случае надо придерживаться стандарта ИСО 2504.

Меры маскирования нужны для снятия бликов от подсветки.

Чтобы избежать ненормально высоких плотностей вуали, получающихся от старения пленки, неподходящего проявления или температуры, плотность вуали должна время от времени контролироваться по неэкспонированному образцу, взятому с рабочей пленки и обработанному при тех же условиях, что и рабочая рентгенограмма. Плотность вуали не должна превышать 0,3.

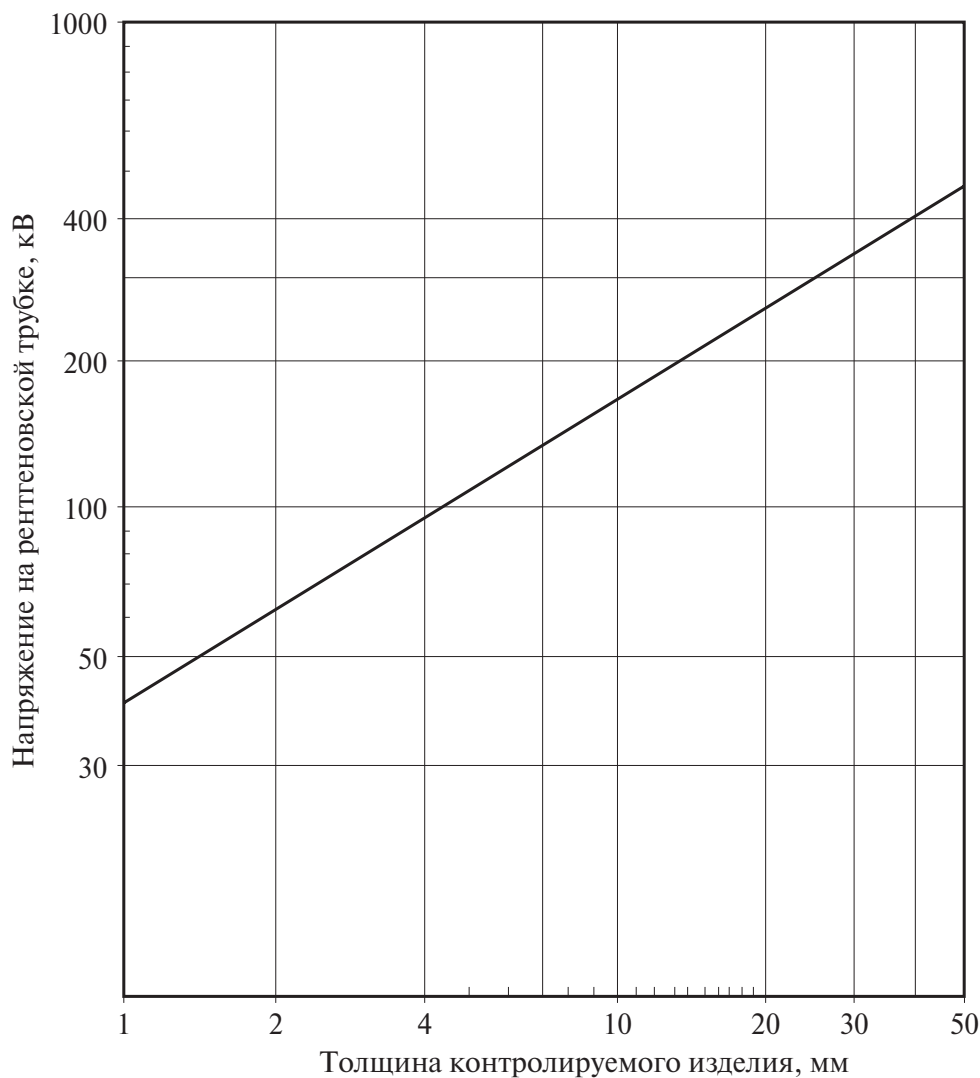
Фотографическая плотность вуали определяется здесь как общая плотность (фотоэмульсия и основа) неэкспонированной пленки, прошедшей обработку.

### 7.8. Напряжение на рентгеновской трубке и источник гамма-лучей

Для поддержания хорошей чувствительности обнаружения дефектов напряжение рентгеновской трубки должно быть как можно ниже. В качестве базиса для выбора соответствующего напряжения не должны превышать максимальные значения, приведенные на рис. 4.

Для некоторых применений, где имеется изменение толщины по площади контролируемого изделия, может быть использована модификация этого метода с использованием немного повышенного напряжения (в любом случае приращение не должно составлять более 50 кВ), но надо заметить, что излишне высокое напряжение на трубке приведет к потере чувствительности обнаружения дефекта.





**Рис. 4.** Максимально допустимое напряжение на рентгеновской трубке

Источники гамма-излучения не должны использоваться на толщинах сварного шва ниже предельных значений, указанных в табл. 2.

**Таблица 2**

**Минимальная толщина сварного шва для гамма-излучения**

Класс метода контроля	Толщина сварного шва, мм	
	Иридий-192	Кобальт-60
A	20	40
B	40	

Нижний предел толщины для гамма-излучения иридия-192 может быть снижен в применениях, где использование рентгеновских лучей непрактично или применение гамма-излучения делает возможным более подходящую направленность пучка излучения. Это должно осуществляться только с предварительного одобрения договаривающихся сторон, но использование иридия-192 не рекомендуется для толщин сварных швов ниже 5 мм — для класса A или 10 мм — для класса B.

Следует отметить, что чувствительность обнаружения дефектов, получаемая с гамма-излучением, в целом ниже, чем с рентгеновскими лучами. Разница в чувствительности наибольшая на тонких сварных швах и становится менее заметной на более утолщенных их участках. На верхней границе толщины в данной части стандарта ИСО 1106 разница в достижимой чувствительности между методами рентгеновского и гамма-просвечивания может быть незначительной.

Поэтому использование гамма-излучения должно быть возможно в больших пределах ограничено теми прикладными применениями, где форма, толщина или доступность на практике сварных швов делают рентгенографический контроль непрактичным.

### **7.9. Обработка пленки**

Пленки должны обрабатываться в соответствии с инструкциями завода-изготовителя. Особое внимание должно быть обращено на температуру и время проявления. Рентгеногаммаграфические снимки не должны иметь некачественных последствий обработки или других дефектов, которые мешали бы расшифровке снимка шва.

### **7.10. Просмотр снимков сварного шва**

Рентгеногаммаграммы сварного шва должны просматриваться в затемненном помещении на диффузно освещенном экране, а освещенная площадь должна быть закрыта до минимума, требующегося для просмотра радиографического изображения. Яркость смотрового экрана должна регулироваться, что позволит удовлетворительно читать снимки. Для детальных указаний в отношении условий просмотра отснятой пленки следует учитывать стандарты ИСО 2504 и 5580.

## **8. ОТЧЕТ О КОНТРОЛЕ**

По каждой рентгеногаммаграмме или их набору должна быть дана информация об используемом радиографическом методе и о любых других обстоятельствах специального характера, которые позволили бы лучше понимать результаты.

Отчет о контроле должен включать по меньшей мере следующие данные:

- а) тип рентгеновского оборудования, поданное напряжение и сила анодного тока (если применимо);
- б) характеристики радиоактивного источника (физическая природа, размеры, ядерная активность и т.д.) (если применимо);
- в) время экспонирования, тип пленки и экрана и расстояние мишень (источник) — изделие;
- г) система используемой маркировки;
- д) способ обработки пленки;
- е) геометрия сварного шва, толщина стенки и используемый способ сварки;
- ж) радиографическая геометрия, показывающая положение фокуса и пленки (эскиз);
- з) используемый индикатор качества изображения (ИКИ) и чувствительность снимка, полученного в соответствии со стандартом ИСО 2504;
- и) результаты расшифровки;
- к) любое отклонение, по согласованию или иного рода, от специфицированных методов;
- л) дата радиографического контроля, подпись контролера.