

**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ.  
ПРИНЦИПЫ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА  
КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОВ РЕНТГЕНОВСКИМ И  
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ**

**EN  
444:1994**

Настоящий стандарт устанавливает общие правила радиографического метода контроля металлов рентгеновским и гамма-излучениями для обнаружения дефектов с использованием техники съемки.

Контроль должен проводиться квалифицированным персоналом, который сертифицирован в соответствии с EN 473.

Для применения данного стандарта используются следующие термины.

**Расстояние «контролируемый объект — пленка»  $b$**  — расстояние между стороной контролируемого объекта, обращенной к источнику излучения, и пленкой в направлении центральной оси пучка излучения.

**Размер источника излучения  $d$**  — размер радиоизотопа или фокусного пятна рентгеновской трубки.

**Расстояние «источник излучения — пленка» (FFA)** — расстояние между источником излучения и пленкой в направлении излучения.

**Расстояние «источник излучения — контролируемый объект»  $f$**  — расстояние между источником излучения и стороной контролируемого объекта, обращенной к источнику излучения в направлении центральной оси пучка излучения.

### **КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ РАДИОГРАФИИ**

Способы радиографического контроля делятся на два класса:

класс А: основной способ;

класс В: улучшенный способ контроля.

Способы класса В применяются, если способ класса А оказался нечувствительным.

Улучшенные способы, по сравнению с классом В, можно применять по согласованию при соблюдении всех необходимых параметров контроля.

Выбор радиографического способа контроля должен быть согласован между заинтересованными сторонами.

## ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ ТРУБКИ И ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

### Рентгеновский излучатель

Для того чтобы обеспечить высокую вероятность обнаружения дефекта, напряжение трубки должно быть как можно ниже. Максимальные значения напряжения трубки в зависимости от толщины указаны на рис. 1.

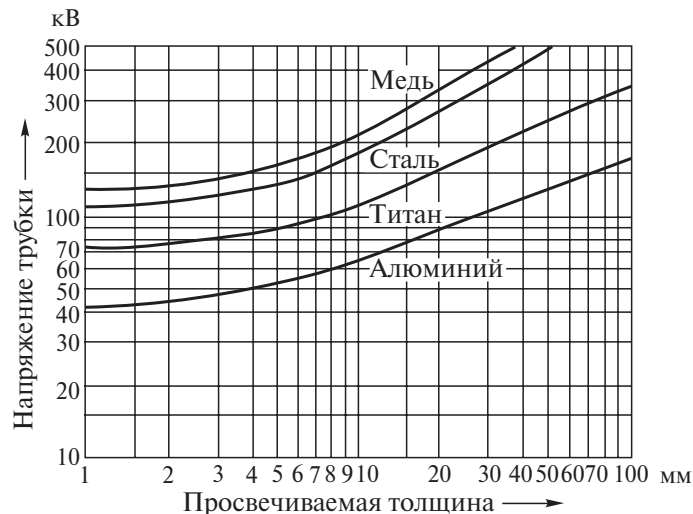


Рис. 1. Максимальные напряжения на рентгеновской трубке до 500 кВ в зависимости от просвечиваемой толщины и используемого материала

### Другие источники излучения

Допустимые диапазоны просвечиваемой толщины для гамма-излучения и рентгеновского излучения свыше 1 МэВ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Диапазон толщины объекта контроля для гамма-излучения и рентгеновского излучения свыше 1 МэВ предельной энергии для стали, меди и сплавов на основе никеля

Источник излучения	Просвечиваемая толщина $w$ , мм	
	Класс А	Класс В
Тулий $Tm^{170}$	$w \leq 5$	$w \leq 5$
Иттербий $Yb^{169*}$	$1 \leq w \leq 15$	$2 \leq w \leq 12$
Иридий $Ir^{192}$	$20 \leq w \leq 100$	$20 \leq w \leq 90$
Кобальт $Co^{60}$	$40 \leq w \leq 200$	$60 \leq w \leq 150$
Рентгеновское излучение с энергией от 1 до 4 МэВ	$30 \leq w \leq 200$	$50 \leq w \leq 180$
Рентгеновское излучение с энергией свыше 4 до 12 МэВ	$w \geq 50$	$w \geq 80$
Рентгеновское излучение с энергией свыше 12 МэВ	$w \geq 80$	$w \geq 100$

\* Для алюминия и титана просвечиваемая толщина материала  $10 < w < 70$  для класса А и  $25 < w < 55$  для класса В.

Для объектов контроля, выполненных из тонкостенной стали, гамма-излучение иридия-192 и кобальта-60 не позволяет получить радиографические снимки с таким же качеством изображения дефектов, как при использовании рентгеновского излучения.

Однако благодаря преимуществу источников гамма-излучения, в связи с простотой обращения и доступностью, в табл. 1 указывается диапазон толщины материала, который может использоваться для любого источника гамма-излучения, если применение рентгеновского излучения невозможно.

Для определенных случаев могут контролироваться большие диапазоны толщины материала, если возможно достижение высокого качества изображения. В тех случаях, когда радиографические снимки получаются с помощью гамма-излучения, время для установки источника в нужном положении не должно превышать 10 % от общего времени экспозиции.

## ПЛЕНКИ И УСИЛИВАЮЩИЕ ЭКРАНЫ

Для радиографического метода контроля должны применяться пленки по EN 584-1.

Для различных источников излучения класс пленки указывается в табл. 2 и 3.

Если используется усиливающий экран, то должен быть хороший контакт между пленкой и экраном. Это может достигаться либо применением пленок в вакуумной упаковке, либо прижатием.

В табл. 2 и 3 приведены рекомендуемые классы пленки и типы усиливающего экрана для различных источников излучения.

Другие толщины усиливающих экранов должны также согласовываться между договорными сторонами при условии, что достигается требуемое качество изображения.

Таблица 2

### Классы пленки и металлической фольги для радиографического метода контроля стали, меди и сплавов на основе никеля

Источник излучения	Просвечиваемая толщина $w$ , мм	Класс пленочной системы*		Тип и толщина металлического экрана	
		Класс А	Класс В	Класс А	Класс В
1	2	3	4	5	6
Напряжение источника рентгеновского излучения 100 кВ и менее		С5	С3	Без экрана или передний и задний экраны из свинца до 0,03 мм	
Напряжение источника рентгеновского излучения свыше 100 и до 150 кВ				Передний и задний экраны из свинца до 0,15 мм	
Напряжение источника рентгеновского излучения свыше 150 и до 250 кВ			С4	Передний и задний экраны из свинца до 0,02 мм	
Yb <sup>169</sup>	$w < 5$ мм	С5	С3	Без экрана или передний и задний экраны из свинца до 0,03 мм	
Tm <sup>170</sup>	$w \geq 5$ мм		С4	Передний и задний экраны из свинца до 0,15 мм	
Напряжение источника рентгеновского излучения свыше 250 и до 500 кВ	$w \leq 50$ мм	С5	С4	Передний и задний экраны из свинца от 0,02 до 0,2 мм	
	$w > 50$ мм		С5	Передний экран из свинца от 0,1 до 0,2 мм**. Задний экран из свинца от 0,02 до 0,2 мм	
Se <sup>75</sup>		С5	С4	Передний и задний экраны из свинца от 0,1 до 0,2 мм	
I <sup>192</sup>		С5	С4	Передний экран из свинца от 0,02 до 0,2 мм	Передний экран из свинца от 0,1 до 0,2 мм
				Задний экран из свинца от 0,02 до 0,2 мм	
Co <sup>60</sup>	$w \leq 100$ мм	С5	С4	Передний и задний экраны из стали от 0,25 до 0,77 мм или из меди***	
	$w > 100$ мм		С5		
Рентгеновское излучение энергией от 1 до 4 МэВ	$w \leq 100$ мм	С5	С3	Передний и задний экраны из стали или меди от 0,25 до 0,77 мм***	
	$w > 100$ мм		С5		
	$w \leq 100$ мм	С4	С4	Передний экран из меди, стали или тантала до 1 мм****	

\* Можно также применять лучшие классы пленочных систем.

\*\* Пленки, упакованные изготовителем, с передним экраном толщиной до 0,03 мм можно применять, если между контролируемым объектом и пленкой дополнительно установлен свинцовый экран толщиной 0,1 мм.

\*\*\* В классе А можно также применять свинцовые экраны толщиной от 0,1 до 0,5 мм.

\*\*\*\* В классе А можно по соглашению применять свинцовые экраны толщиной от 0,5 до 1,0 мм.

1	2	3	4	5	6
Рентгеновское излучение энергией свыше 4 и до 12 МэВ	$100 \text{ мм} < w \leq 300 \text{ мм}$	C5	C4	Задний экран из меди или стали до 1 мм и тантала до 0,5 мм*	
	$w > 300 \text{ мм}$		C5		
Рентгеновское излучение энергией свыше 12 МэВ	$w \leq 100 \text{ мм}$	C4	—	Передний экран из тантала до 1 мм	
	$100 \text{ мм} < w \leq 300 \text{ мм}$	C5	C4	Никакого экрана	
	$w > 300 \text{ мм}$		C5	Передний экран из тантала до 1 мм**. Задний экран из тантала до 0,5 мм	

\* В классе А можно по соглашению применять свинцовые экраны толщиной от 0,5 до 1,0 мм.

\*\* По соглашению можно применять вольфрамовые экраны.

Таблица 3

**Классы пленки и металлического экрана для алюминия и титана**

Источник излучения	Класс пленочной системы*		Тип и толщина металлического экрана
	Класс А	Класс В	
Напряжение источника рентгеновского излучения 150 кВ и менее	C5	C3	Без экрана или передний экран из свинца до 0,03 мм и задний экран до 0,15 мм из свинца
Напряжение источника рентгеновского излучения свыше 150 и до 250 кВ			Передний и задний экраны из свинца от 0,02 до 0,15 мм
Напряжение источника рентгеновского излучения свыше 250 и до 500 кВ			Передний и задний экраны из свинца от 0,1 до 0,2 мм
Уб <sup>169</sup>			Передний и задний экраны из свинца от 0,02 до 0,15 мм

\* Можно также применять лучшие классы пленочных систем.

**РАССТОЯНИЕ «ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ — КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ОБЪЕКТ»**

Минимальное расстояние «источник излучения — контролируемый объект»  $f_{\min}$  зависит от размера  $d$  источника излучения и от расстояния «контролируемый объект — пленка»  $b$ .

Расстояние  $f$ , если возможно, должно быть выбрано так, чтобы отношение этого расстояния к размеру  $d$  источника излучения  $f/d$  не превышало величины, рассчитываемой по следующему уравнению:

для класса А

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

для класса В

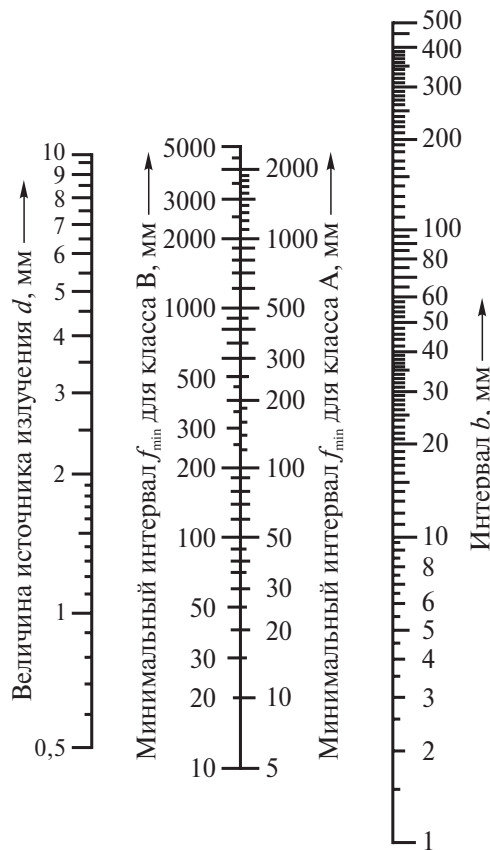
$$f/d \geq 15 \left( \frac{b}{\text{мм}} \right)^{2/3}, \quad (2)$$

$b$  задается в миллиметрах (мм).

Если расстояние  $b < 1,2 t$ , то размер  $b$  в уравнениях (1) и (2) и на рис. 2 должен быть заменен номинальной толщиной  $t$ .

Для определения минимального расстояния «источник излучения — контролируемый объект»  $f_{\min}$  можно использовать номограмму на рис. 2.

Номограмма построена на уравнениях (1) и (2). Если необходимо найти с помощью класса А плоскостные дефекты, то нужно брать минимальное расстояние  $f_{\min}$ , как для класса В.



**Рис. 2.** Номограмма для определения минимального расстояния «источник излучения — контролируемый объект»  $f_{\min}$  для обоих классов контроля

### МАКСИМАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОТДЕЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Соотношение просвечиваемой толщины по оси излучения к просвечиваемой толщине на краю области при неизменной толщине объекта не должно быть более 1,1 для класса В и 1,2 для класса А.

Значения плотностей почернения, получаемых из-за различных просвечиваемых толщин, не должны быть больше значений плотностей почернения, которые могут быть измерены применяемым негатоскопом с учетом возможных допусков.

### ПЛОТНОСТЬ ПОЧЕРНЕНИЯ РАДИОГРАММЫ

Условия экспозиции должны быть таковыми, чтобы минимальная плотность почернения радиограммы в контролируемой области была больше или равна значению, указанному в табл. 4.

*Таблица 4*

**Плотность почернения радиограммы**

Класс	Плотность почернения*
А	$\geq 2,0$
В	$\geq 2,3$

\* Разрешен допуск на излучение  $\pm 0,1$ .

Допустимо применять преимущественно высокие плотности почернения, если освещенность негатоскопа достаточна.

Во избежание недопустимо высокой оптической плотности вуали, которая может возникнуть из-за старения пленки, процесса проявления или температуры, необходимо время от

времени проверять плотность вуали на образце применяемой пленки, обработанной, как и радиограмма. Плотность почернения вуали не должна превосходить 0,3. Под плотностью почернения вуали здесь понимается общее почернение (эмульсия и подложка) обработанной образцовой пленки.

При применении способа нескольких пленок с оценкой каждой пленки плотность почернения каждой пленки должна соответствовать данным табл. 4.

Если требуется рассмотрение двух пленок, то плотность почернения отдельной пленки должна быть не менее 1,3.