



---

# ТУ РГК 1-2024

---

КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ. РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Радиографический контроль применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых и других включений, а также для выявления прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва, недоступных для внешнего осмотра.

При радиографическом контроле не выявляют:

- любые несплошности и включения с размером в направлении просвечивания менее удвоенной чувствительности контроля;
- непровары и трещины, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением просвечивания и (или) величина раскрытия менее 0,1 мм;
- любые несплошности и включения, если их изображения на снимках совпадают с изображениями посторонних деталей, острых углов или резких перепадов толщин просвечиваемого металла.

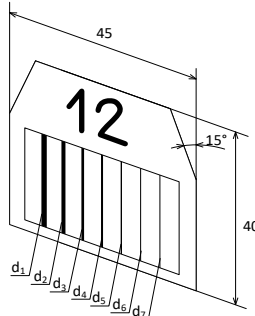

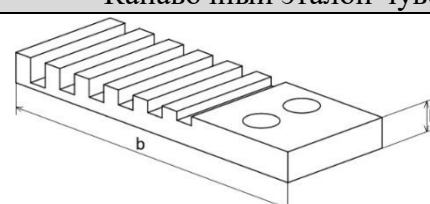

## 2. ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

При радиографическом контроле следует использовать оборудование, указанное в конкурсном задании. Для установки фокусного расстояния и разметки сварного соединения используется рулетка. Разметка производится маркером по металлу.

Маркировочные знаки предназначены для маркировки (нумерации) рентгеновских снимков для их последующей идентификации, при этом знаки устанавливаются на контролируемом участке объекта контроля. Для маркировки снимков знаки помещаются в специальный пенал, который затем крепится на изделии или непосредственно на радиографической плёнке. Для объектов с радиационной толщиной от 1 до 40 мм следует использовать маркировочные знаки №2 (буквы) и №6 (цифры). Для объектов с радиационной толщиной свыше 40 мм следует использовать маркировочные знаки №4 (буквы) и №8 (цифры).

Для определения чувствительности контроля используются проволочные и канавочные эталоны чувствительности, которые подбирают из металла или сплава, основа которого по химическому составу аналогична основе контролируемого сварного соединения. Размеры эталонов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Проволочный эталон чувствительности (размеры в мм)							
							
Номер эталона	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$
1	0,2	0,16	0,125	0,1	0,08	0,063	0,05
2	0,4	0,32	0,25	0,2	0,16	0,125	0,1
3	1,25	1,0	0,8	0,63	0,5	0,4	0,32
4	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,25	1,0
Канавочный эталон чувствительности (размеры в мм)							
							
Номер эталона	b	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$h_6$
1	30,0	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
2	45,0	1,75	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5
3	60,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5

Маркировку проволочных эталонов чувствительности следует проводить свинцовыми цифрами. Первая цифра маркировки должна обозначать материал эталона, следующая - номер эталона. Условные обозначения материала эталона чувствительности:

- для сплавов на основе железа – 1;
- для сплавов на основе алюминия и магния – 2.

Для маркировки канавочных эталонов используются вырезы и отверстия или только отверстия. Для эталонов, выполненных на основе:

- железа – два сквозных отверстия и без вырезов;
- алюминия и магния-хвостовая часть без отверстий, 1 вырез.

Достигнутую чувствительность контроля определяют по изображению на снимке проволочного или канавочного эталона чувствительности. Для проволочного эталона достигнутая чувствительность контроля соответствует диаметру наименьшей видимой на снимке проволоки, в мм. Изображение проволоки следует считать различимым, если четко видна непрерывная её длина не менее 10 мм.

Эталоны чувствительности следует устанавливать на контролируемом участке со стороны источника излучения. Проволочные эталоны следует устанавливать на шов с направлением проволок поперек шва. Канавочные эталоны следует устанавливать на расстоянии не менее ОШЗ от шва с направлением канавок поперек шва. При выборе эталонов глубина канавки и диаметр проволоки, соответствующие требуемой чувствительности, не должны быть первыми и последними в ряду.

Для регистрации излучения используются различные детекторы излучения (радиографическая плёнка в кассете, либо в вакуумной упаковке, фосфорные пластины, плоскопанельные детекторы (DR детектор)). Размер детектора выбирается с учетом перекрытия изображения смежных участков.

Размер ОШЗ соответствует значениям, определяемым при проведении ВИК.

При контроле кольцевых швов трубопроводов с диаметром менее 100 мм допускается устанавливать канавочные эталоны на расстоянии не менее ОШЗ от шва с направлением канавок вдоль шва. При невозможности установки эталонов со стороны источника излучения при контроле сварных соединений цилиндрических, сферических и других пустотелых изделий через две стенки с расшивкой только прилегающего к пленке участка сварного соединения, а также при панорамном просвечивании допускается устанавливать эталоны чувствительности со стороны кассеты с пленкой. В этом случае чувствительность должна быть смещена на одну ступень в сторону ужесточения.

Для оценки вогнутости и выпуклости корня шва, недоступного для внешнего осмотра и измерения, следует применять образцы - имитаторы вогнутости и выпуклости.

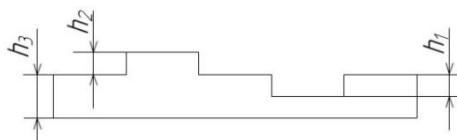


Рисунок 1

Вогнутость или выпуклость корня шва не превышает предельно допустимого значения, если оптическая плотность изображения вогнутости на снимке меньше, а выпуклости больше оптической плотности изображений, имитирующих их канавки или выступа на образце-имитаторе. Глубина  $h1$  канавки и высота  $h2$  выступа образца-имитатора должны быть равны предельно допустимым значениям вогнутости и выпуклости корня шва. Толщина  $h3$  образца-имитатора должна быть равна величине усиления контролируемого шва.

Параметр	№1	№2	№3	№4	№5
Глубина канавки, $h_1$ , мм	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
Высота выступа, $h_2$ , мм	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5
Толщина, $h_3$ , мм	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5

### 3. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ

Радиографический контроль следует проводить после устранения обнаруженных при внешнем осмотре сварного соединения наружных дефектов и зачистки его от неровностей, шлака, брызг металла, окалины и других загрязнений, изображения которых на снимке могут помешать расшифровке снимка. После зачистки сварного соединения и устранения наружных дефектов, должна быть произведена разметка сварного соединения на участки и маркировка (нумерация) участков. Разметку следует выполнять маркером по металлу в направлении по часовой стрелке относительно потока среды. При использовании мерительного пояса достаточно обозначить точку начала отсчета и направление.

Для схемы просвечивания 2б, разметку следует производить в соответствии с рисунком 2.

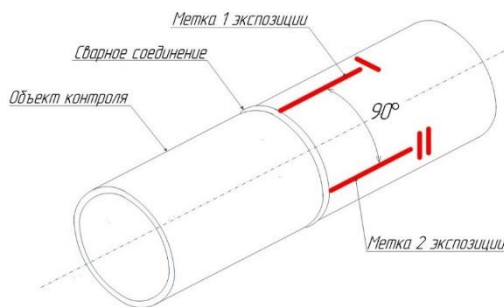


Рисунок 2

Метки вдоль продольной оси объекта контроля указывают сторону, с которой выполнялось экспонирование. Угол между метками должен составлять  $90^\circ$ , длина отметок должна быть не менее 50 мм. Угол  $\alpha$  между осью направления просвечивания к нормали р-пленки, при просвечивании по схеме 2б (согласно рисунку 3) должен обеспечивать достаточное раскрытие эллипса (дальняя от р-пленки сторона сварного шва не должна накладываться на ближнюю), а также не должен превышать  $45^\circ$ .

Угол  $\beta$  между осью направления просвечивания к нормали Р-пленки (рисунок 3) не должен превышать  $15^\circ$ .

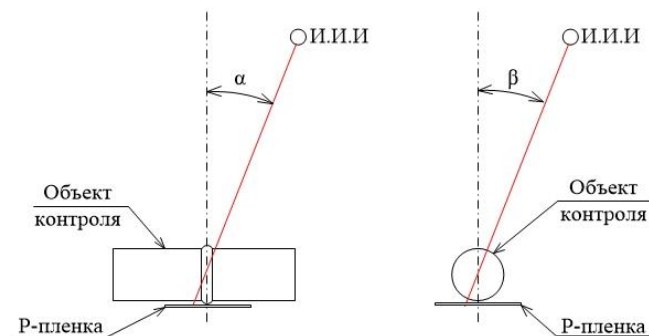


Рисунок 3

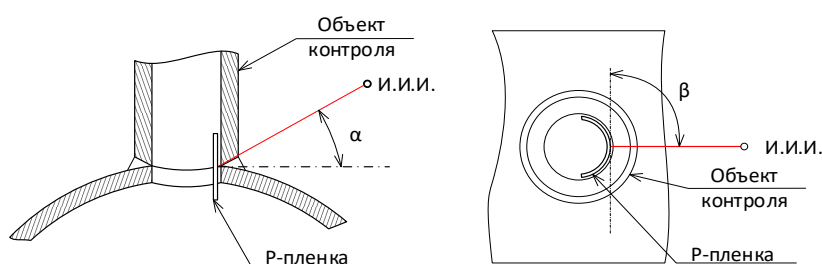


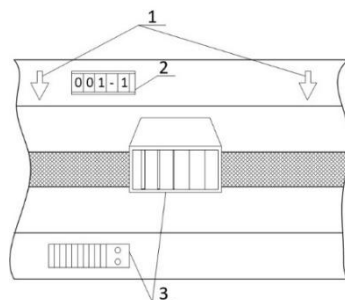
Рисунок 4

Для схемы 4 угол  $\alpha$  между осью направления просвечивания к нормали Р-пленки должен находиться в диапазоне от  $20^\circ$  до  $30^\circ$ , а угол  $\beta$  должен составлять  $90 \pm 5^\circ$ . Разметка должна выполняться со стороны врезки. Для остальных схем просвечивания разметка сварного соединения на участки должна совпадать с положением ограничительных знаков. Длина меток (измеряется от валика сварного шва) для всех схем должна быть не менее 50 мм.

На образец контроля, согласно разметке, устанавливаются ограничительные знаки (символ  $\uparrow$ ) для обозначения контролируемого участка, знаки следует устанавливать на границах размеченных участков (на метках) на расстоянии от шва не менее ОШЗ.

Также на каждом участке должны быть установлены эталоны чувствительности и маркировочные знаки. Маркировка должна содержать номер контролируемого образца, номер сварного соединения и номер экспозиции. Маркировочные знаки, используемые для нумерации, следует устанавливать на контролируемом участке за ОШЗ, или непосредственно на кассете с пленкой так, чтобы изображения маркировочных знаков на снимках не накладывались на изображение шва и околошовной зоны.

Схема установки маркировочных знаков, эталонов чувствительности, ограничительных меток представлена на рисунке 5.



1 – ограничительные метки; 2 – маркировочные знаки; 3 – эталоны чувствительности

Рисунок 5.

Места установки маркировочных и ограничительных знаков, эталонов чувствительности, образцов-имитаторов вогнутости и выпуклости должны быть указаны на схеме просвечивания в рабочей документации. Ограничительные знаки, канавочные эталоны чувствительности, образцы-имитаторы вогнутости и выпуклости устанавливаются за ОПЗ, но не более 40 мм от границы сварного шва.

Перед проведением контроля необходимо проверить работоспособность рентгеновского аппарата, а также подготовить следующие принадлежности:

- Радиографическая плёнка / детектор излучения;
- Проволочные и/или канавочные эталоны чувствительности;
- Маркировочные и ограничительные знаки;
- Образцы-имитаторы вогнутости и выпуклости.

Технические данные Р-аппаратов и радиоизотопных источников приведены в таблице 2.

Таблица 2

Название	Тип	Геометрия излучения	Фокусное пятно (Ф), мм	$U_{\max}$ , кВ	I, мА	Максимальная $S_{pm}$ , мм
Памир-200	И	панорамная	3,0	200	-	до 40
Арина-7	И	панорамная	2,5	250	-	До 40
Арион-300	И	панорамная	2,3	300	-	до 60
Арина-9	И	панорамная	2,5	300	-	до 50
RayCraft GD-160	П	направленная	0,8	160	5	До 18
Smart 225	П	направленная	1,5	225	4	До 45
Eresco 32 MF4-C	П	направленная	0,4	200	3	До 32
Isovolt 225 M2	П	направленная	0,4	225	3	До 30
РПД-150	П	направленная	0,8	150	3	До 20
РПД-250	П	направленная	3,0	250	5	До 60
РПД-250-П	П	панорамная	3,0	250	5	До 50
МАРТ-200	П	панорамная	2,2	200	2	До 40
Ir-192	-	направленная	4 x 4	$T_{1/2} = 74$ дня	До 35	
Co-60	-	/ панорамная	4,5 x 4,5	$T_{1/2} = 1924$ дня	До 200	

И-импульсный источник, П-постоянный источник,  $U_{\max}$  -максимальное напряжение, I-максимальный ток,  $S_{pm}$  –радиационная толщина, определяемая в соответствии с разделом 4,  $T_{1/2}$  – период полураспада радиоизотопного источника.

Для Р-аппаратов постоянного действия напряжение для определения времени экспозиции по номограммам следует выбирать с учетом радиационной толщины  $S_{pt}$  просвечиваемого материала из таблицы 3.

Таблица 3

Радиационная толщина $S_{pt}$ , мм	Напряжение U, кВ
Сплавы на основе железа	
до 6,0	100
6,1-12,0	120
12,1-17,5	140
17,6-20,0	160
20,1-23,0	180
23,1-32,0	220
32,1-40,0	260
>40	300
Сплавы на основе алюминия	
до 5,0	50
5,1-12,0	70
12,1-20,0	90
20,1-30,0	110
30,1-40,0	130

Для Р-аппаратов импульсного действия напряжение  $U_{max}$ , заданное в таблице 2, является фиксированным.

Перед проведением фотообработки экспонированной радиографической плёнки следует проверить работоспособность проявочной машины и наличие неактеничного освещения. При подготовке к проведению расшифровки радиографических снимков следует проверить работоспособность негатоскопа, денситометра и наличие необходимого оборудования и материалов (трафареты, лупы, линейки).



#### 4. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Требуемая чувствительность контроля  $K$  определяется по таблице 4.

Таблица 4

Размерный показатель *	Требуемая чувствительность $K$
До 6,5 включительно	0,1
От 6,5 до 14,0 включительно	0,2
Св. 14,0 до 22,0 включительно	0,3
Св. 22,0 до 32,0 включительно	0,4
Св. 32,0 до 42,0 включительно	0,5
Св. 42,0 до 50,0 включительно	0,75
Св. 50,0 до 70,0 включительно	1,0
Св. 70,0 до 100,0 включительно	1,25
Св. 100,0 до 120,0 включительно	1,5
Св. 120,0 до 200,0 включительно	2,0
При использовании проволоочных эталонов чувствительности значения 0,30; 0,60; 0,75 и 1,50 мм заменяются значениями 0,32; 0,63; 0,80 и 1,60 мм.	
*Размерным показателем для определения чувствительности для всех схем является толщина более тонкой детали $S + 2$ мм, для схемы 2б $2S+2$ мм, для схемы 4-минимальная расчетная высота.	

Схему контроля сварных соединений следует выбирать в зависимости от конфигурации объекта контроля в соответствии с Приложением 1.

Расстояние  $f$  от источника излучения до обращенной к источнику поверхности контролируемого сварного соединения (при просвечивании кольцевых сварных соединений через две стенки - до близлежащей к источнику поверхности кольцевого соединения) должно быть равно значению, определённом по формулам, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Схема просвечивания	Расстояние от источника до поверхности контролируемого сварного соединения, мм, не менее
рис.1а, 1б	$C S_{pm}$
рис.2а, 4	$0,7C(1-m)D$
рис.2б	$CD$
рис.2г	$0,5[1,5C(1-m)-1]D$
рис.2в	$0,5d$

где

$$C = \frac{2\Phi}{K} \text{ при } \frac{\Phi}{K} \geq 2$$

$$C = 4 \text{ при } \frac{\Phi}{K} < 2$$

$S_{pm}$  - радиационная толщина, мм;

$D$  - наружный диаметр объекта контроля, мм;

$d$  - внутренний диаметр объекта контроля.

$m$  - отношение внутреннего и наружного диаметров объекта контроля  $d/D$ ;

$\Phi$  - максимальный размер фокусного пятна источника излучения, мм;

$K$  - требуемая чувствительность контроля, мм.

Примечание. Если для схемы рис.2г не выполняются условия  $1,5C(1-m) > 1$ , то расстояние  $f$  следует принимать равным нулю.

Под радиационной толщиной  $S_{pm}$  понимают полную толщину просвечиваемого изделия, с учетом его типоразмера.  $S_{pm}$  выбирается из таблицы:

Схема	4	2а	2б	2в	2г	1а	1б
Радиационная толщина $S_{pm}$	$h^*$	$S+2$	$2S+2$	$S+2$	$2S+2$	$S+2$	$2S$
$h^*$ -максимальное значение расчетной высоты углового шва $S$ - номинальная толщина более толстой из свариваемых деталей							

При контроле сварных соединений по. схеме 2в (панорамное просвечивание), отношение внутреннего диаметра  $d$  к внешнему диаметру  $D$  контролируемого объекта не должно быть менее 0,8, а максимальный размер фокусного пятна  $\Phi$  источника излучения не должен быть более:

$$\frac{Kd}{2(D-d)}$$

где  $K$  - требуемая чувствительность контроля.

Длина снимков должна обеспечивать перекрытие изображений смежных участков сварных соединений при длине контролируемого участка до 100 мм не менее 0,2 длины участка, при длине контролируемого участка св. 100 мм - не менее 20 мм.

Ширина снимков должна обеспечивать получение изображений сварного шва, эталонов чувствительности, маркировочных знаков и околошовных зон.

Длина контролируемых за одну экспозицию участков при контроле по схемам 1а, 1б не должна быть более **0,8f**.

Для остальных схем просвечивания длина контролируемого участка рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{\pi D}{n}$$

где  $n$  - количество участков, определяемое по таблице 6.

Количество участков, на которое должно быть размечено сварное соединение (число экспозиций) для схем просвечивания 2а, 2б, 2г, 4 определяется по таблице 6. Количество участков по схеме 2в определяется параметрами используемой пленки.

Таблица 6

Число участков при контроле по схеме 2а, 4						
$d/D$ , не менее	5	6	7	8	9	10
	$f/D$ , не менее					
0,50	-	-	-	-	14,2	3,3
0,55	-	-	-	27,3	3,4	1,8
0,60	-	-	-	4,2	1,9	1,2
0,65	-	-	7,7	2,2	1,3	0,9
0,70	-	-	3,1	1,5	1,0	0,7
0,75	-	7,1	1,9	1,1	0,8	0,6
0,80	-	3,2	1,4	0,9	0,7	0,5
0,85	18,2	2,0	1,0	0,7	0,5	0,4
0,90	4,7	1,5	0,8	0,6	0,5	0,4
0,95	2,6	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3

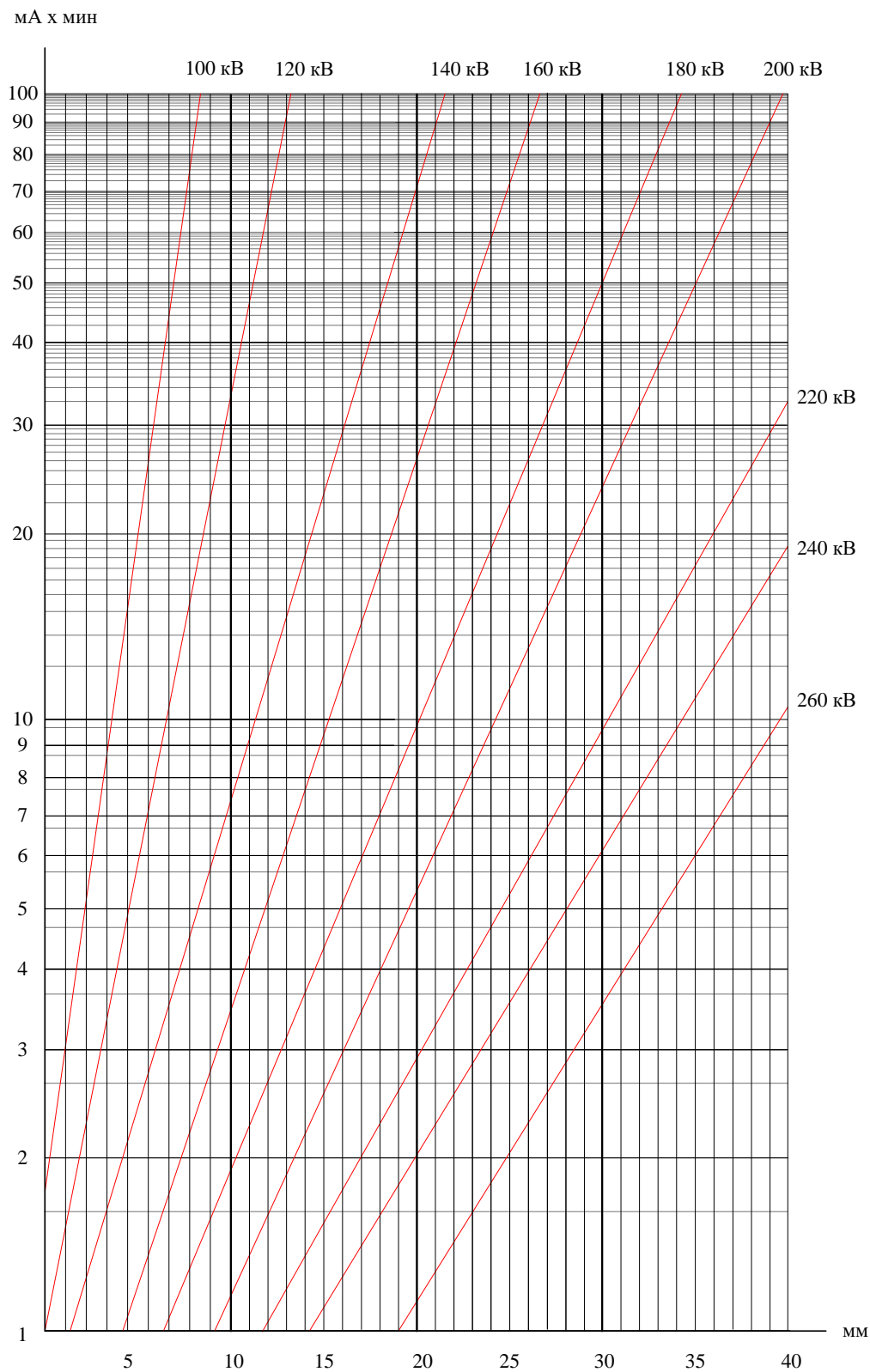
Число участков при контроле по схеме 2г					
$d/D$ , не менее	3	4	5	6	7
	$f/D$				
0,50	-	До 0,4	До 1,4	До 12,0	Свыше 12,0
0,55	-	До 0,6	До 2,6	Свыше 2,6	-
0,60	До 0,1	До 0,9	До 5,8	Свыше 5,8	-
0,65	До 0,2	До 1,3	До 40,0	Свыше 40,0	-
0,70	До 0,3	До 1,9	Свыше 1,9	-	-
0,75	До 0,4	До 3,0	Свыше 3,0	-	-
0,80	До 0,5	До 4,7	Свыше 4,7	-	-
0,85	До 0,6	До 9,8	Свыше 9,8	-	-
0,90	До 1,0	Свыше 1,0	-	-	-
Число участков при контроле по схеме 2б					
2					

Расчет времени просвечивания (времени экспозиции) производят по номограммам, приведенным ниже.

## 4.1 Расчёт экспозиции с применением рентгеновских аппаратов

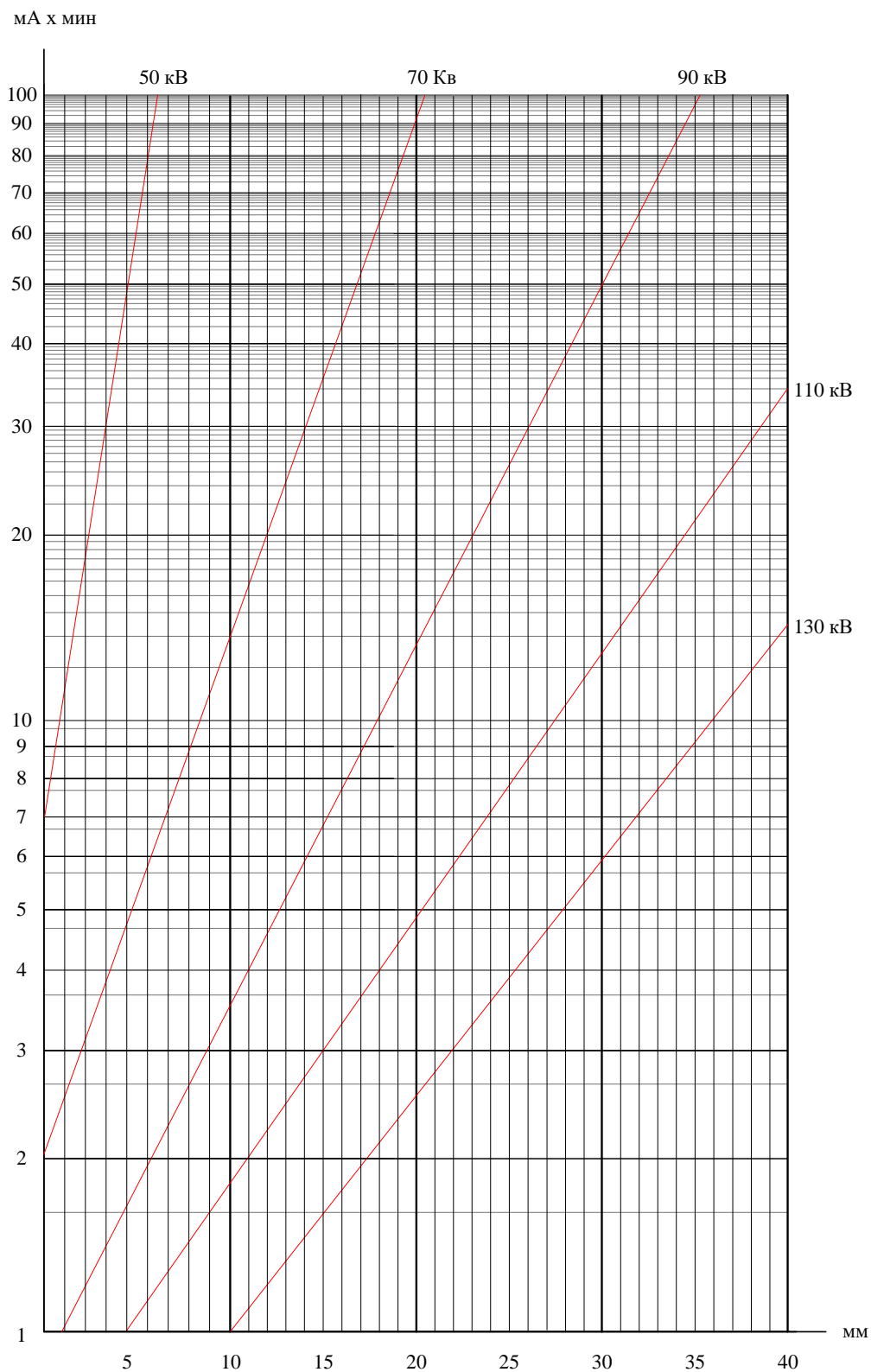
### 1.1 Номограмма для Р-трубок постоянного действия

(плёнка D7, фокусное расстояние  $F_0=1000$  мм, материал-сталь, плотность снимка 2,0 е.о.п.)



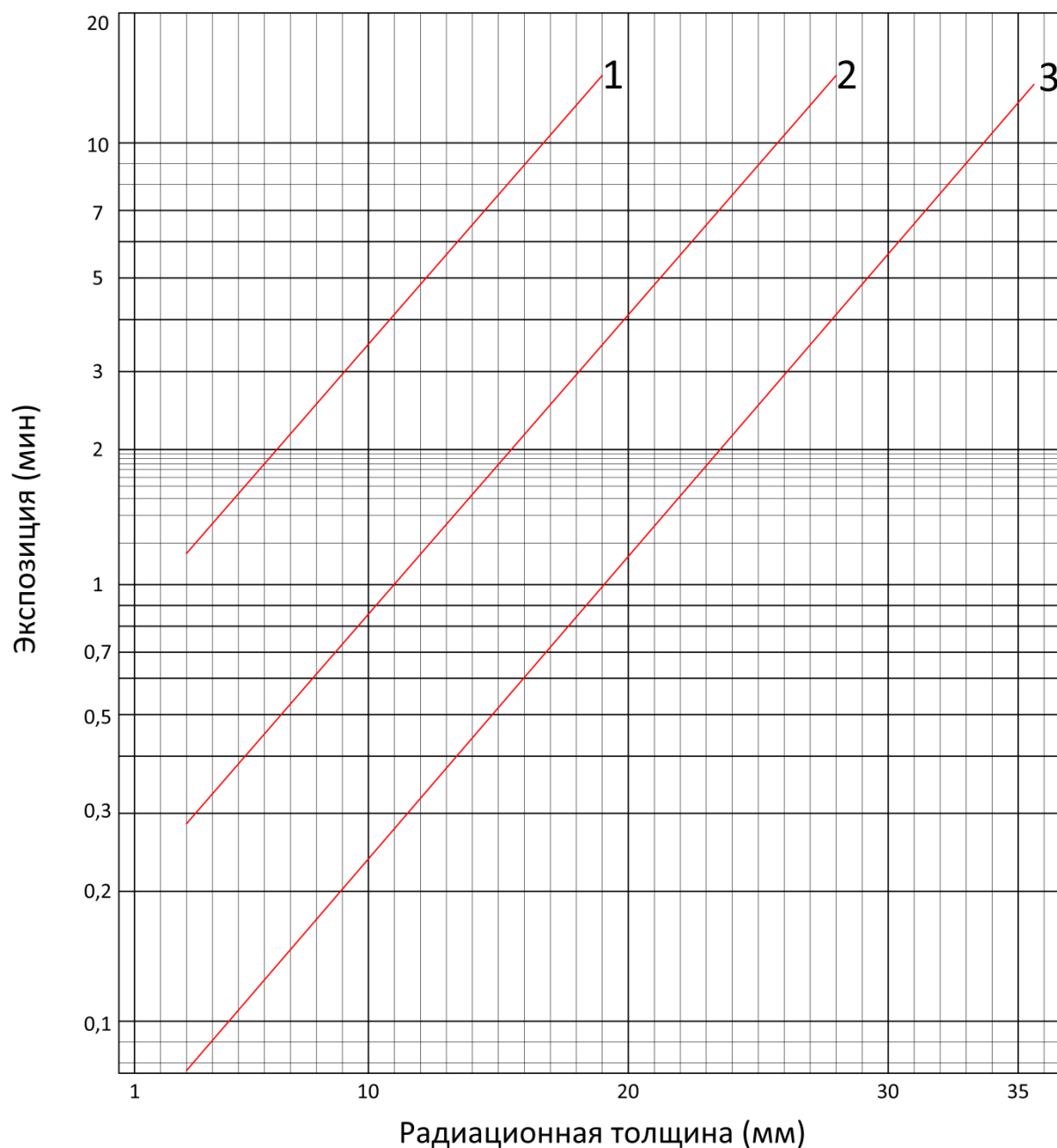
## 1.2 Номограмма для Р-трубок постоянного действия

(пленка D7, фокусное расстояние  $F_0=1000$  мм, материал-алюминий, плотность снимка 2,0 е.о.п.)



## 2. Номограмма для импульсных аппаратов

(Р-пленка Agfa D7 (1), Р-пленка Agfa F8+RCF (2), Р-пленка Agfa F8+NDT1200 (3), фокусное расстояние  $F_0 = 300$  мм, материал-сталь, плотность снимка 2,0 е.о.п.)



При расчете времени просвечивания по номограмме для Р-аппаратов постоянного действия, полученную экспозицию (мА\*мин) следует разделить на значение максимального тока, определяемого из таблицы 2, при этом искомое время просвечивания следует выражать в секундах. Данные номограммы позволяют рассчитать время экспозиции при просвечивании стали/алюминия и при использовании рентгеновской пленки Agfa D7 с относительным экспозиционным фактором, равным 1.

## 4.2 Расчёт экспозиции с применением радионуклидных источников

При расчёте времени просвечивания для радионуклидных источников, следует:

1. Определить фактическую активность  $A$  источника, используя формулу:

$$A = A_0 \times e^{-\frac{0,69}{T_{1/2}} \times t},$$

где

$A_0$  – начальная активность источника, Ки ( $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ );

$T_{1/2}$  – период полураспада, дни;

$t$  – время, прошедшее с зарядки источника до момента контроля, дни.

2. Определить значение фактора экспозиции  $T$ , используя таблицу 7:

Фактор экспозиции для плёнки D7 (Т)																				
h\F	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
5	0,5	1,1	1,9	3,0	4,3	5,9	7,7	9,7	12,0	14,5	17,3	20,3	23,5	27,0	30,7	34,7	38,9	43,3	48,0	
6	0,5	1,2	2,1	3,3	4,7	6,4	8,3	10,5	13,0	15,7	18,7	22,0	25,5	29,3	33,3	37,6	42,1	46,9	52,0	
8	0,6	1,4	2,4	3,8	5,4	7,4	9,6	12,2	15,0	18,2	21,6	25,4	29,4	33,8	38,4	43,4	48,6	54,2	60,0	
10	0,6	1,4	2,6	4,0	5,8	7,8	10,2	13,0	16,0	19,4	23,0	27,0	31,4	36,0	41,0	46,3	51,9	57,8	64,0	
12	0,8	1,7	3,0	4,7	6,8	9,2	12,0	15,2	18,8	22,7	27,0	31,7	36,8	42,2	48,0	54,2	60,8	67,7	75,0	
14	0,8	1,9	3,3	5,2	7,5	10,2	13,3	16,9	20,8	25,2	30,0	35,2	40,8	46,9	53,3	60,2	67,5	75,2	83,3	
16	0,9	2,1	3,8	5,9	8,5	11,6	15,1	19,1	23,6	28,6	34,0	40,0	46,3	53,2	60,5	68,3	76,6	85,3	94,6	
18	1,1	2,5	4,5	7,0	10,0	13,7	17,9	22,6	27,9	33,8	40,2	47,1	54,7	62,8	71,4	80,6	90,4	100,7	111,6	
20	1,2	2,7	4,8	7,5	10,8	14,7	19,2	24,3	30,0	36,3	43,2	50,7	58,8	67,6	76,9	86,8	97,3	108,4	120,1	
22	1,4	3,2	5,7	8,9	12,8	17,4	22,7	28,8	35,5	43,0	51,2	60,1	69,6	79,9	91,0	102,7	115,1	128,3	142,1	
24	1,6	3,6	6,3	9,9	14,3	19,4	25,4	32,1	39,7	48,0	57,1	67,0	77,7	89,2	101,5	114,6	128,5	143,2	158,7	
26	1,8	4,1	7,3	11,5	16,5	22,4	29,3	37,1	45,8	55,4	66,0	77,4	89,8	103,1	117,3	132,4	148,4	165,3	183,2	
30	2,4	5,4	9,6	15,0	21,6	29,4	38,5	48,7	60,1	72,7	86,5	101,5	117,8	135,2	153,8	173,7	194,7	216,9	240,3	
32	2,8	6,3	11,3	17,6	25,3	34,5	45,0	57,0	70,3	85,1	101,3	118,9	137,9	158,3	180,1	203,3	227,9	253,9	281,4	
35	3,2	7,3	12,9	20,2	29,0	39,5	51,6	65,3	80,6	97,5	116,1	136,2	158,0	181,4	206,3	232,9	261,2	291,0	322,4	
40	4,8	10,8	19,2	30,1	43,3	58,9	77,0	97,4	120,2	145,5	173,1	203,2	235,7	270,5	307,8	347,5	389,6	434,1	481,0	
45	6,8	15,3	27,3	42,6	61,3	83,5	109,0	138,0	170,3	206,1	245,3	287,9	333,9	383,3	436,1	492,3	551,9	614,9	681,3	
50	8,8	19,8	35,3	55,1	79,3	108,0	141,0	178,5	220,4	266,6	317,3	372,4	431,9	495,8	564,1	636,8	714,0	795,5	881,4	
55	10,0	22,5	40,0	62,6	90,1	122,6	160,1	202,7	250,2	302,8	360,3	422,9	490,4	563,0	640,6	723,1	810,7	903,3	1000,9	
60	11,8	26,6	47,3	73,8	106,3	144,7	189,0	239,3	295,4	357,4	425,3	499,2	578,9	664,6	756,1	853,6	957,0	1066,3	1181,5	
* при необходимости, радиационную толщину h и фокусное расстояние от источника излучения до плёнки F округлить до ближайшего табличного значения в большую сторону																				

3. Определить время экспозиции  $R$  (сек), используя формулу:

$$R = \frac{T \times K_m}{A} \times 60$$

где  $K_m$  – коэффициент просвечиваемого материала, равный 1,0 для сплавов на основе железа и 0,3 для сплавов на основе алюминия.



### 4.3 Выбор параметров радиографического контроля

При использовании Р-пленки, отличной от D7, время экспозиции следует пересчитать по формуле:

$$t_0 = R \times \omega_1,$$

где

**R** – время из номограммы / время просвечивания для радионуклидного источника, сек;

$\omega_1$  - относительный экспозиционный фактор, взятый из таблицы 8.

Таблица 8.

Тип пленки	Аппараты постоянного действия	Импульсные аппараты	Ir-192	Co-60
	Относительный экспозиционный фактор $\omega_1$			
D2	8,7	10,6	9,0	11,4
D4	2,6	3,1	3,0	3,8
D5	1,6	1,8	1,5	1,9
D7	1	1	1	1
D8	0,7	0,7	0,7	0,9
INDUSTREX Flex HR	2,4	2,9	2,7	3,4
DR детектор	2,2	2,7	2,6	3,3
F8+RCF	-	-	0,07	0,09
F8+NDT1200	-	-	0,035	0,044

При работе с рентген-аппаратами на режимах просвечивания с фокусными расстояниями, отличающимися от приведенных в номограммах, время просвечивания следует пересчитать по формуле:

$$t = t_0 \times \left(\frac{F}{F_H}\right)^2$$

$t$  – требуемое время просвечивания, сек

$t_0$  – время экспозиции, полученное из номограммы с учетом используемой пленки, сек

$F$  –расстояние от источника излучения до пленки, мм

$F_H$  – фокусное расстояние, заданное в номограмме, мм.

Расстояние  $F$  для всех схем просвечивания (кроме 2б, 2г) принимают равным  $f + S_{pm}$ , где  $f$  – расчётное фокусное расстояние, определяемое в соответствии с таблицей 5. Для схем 2б, 2г фактическое фокусное расстояние  $F$  определяется по формуле  $F=f+D$ , где  $D$  - наружный диаметр объекта контроля.

При определении параметров контроля стыковых сварных соединений разнотолщинных деталей чувствительность контроля определяют по меньшей толщине, время и фокусное расстояние рассчитывают по наибольшей свариваемой толщине. Установку канавочных эталонов чувствительности следует проводить на меньшую толщину. При сварке труб с различным наружным диаметром расчёт фокусного расстояния, количества и длины участков следует проводить по значению большего диаметра.

## **6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ**

Перед выполнением контроля необходимо выполнить разметку сварного соединения маркером по металлу в соответствии с п.3 данных ТУ. На контролируемый участок необходимо установить ограничительные и маркировочные знаки, эталоны чувствительности, образцы-имитаторы, детектор излучения.

Расстояние от контролируемого сварного соединения до радиографической пленки должно быть минимальным и в любом случае не превышать 150 мм.

Установить рентгеновский аппарат на рассчитанном в соответствии с п.4 фокусном расстоянии до объекта контроля и выполнить экспонирование Р-пленки.

По завершении экспозиции снять с контролируемого участка кассету с радиографической плёнкой, эталон чувствительности, образец-имитатор, маркировочные знаки и повторить все операции для остальных участков контроля.

По завершению просвечивания провести фотообработку экспонированной радиографической плёнки в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя. Просмотр и расшифровку снимков после их полного высыхания следует проводить в затемненном помещении с применением негатоскопа с регулируемой яркостью.

В случае применения методов цифровой радиографии, сохранить полученные снимки на носителе данных, далее обработать изображения с помощью специализированного ПО. При обработке изображений:

- улучшить визуальный контраст изображения;
- убедиться в соответствии нормализованного отношения сигнал/шум ( $SNR_N$ ) требуемым значениям;
- провести калибровку модуля измерения размеров, используя для этого объект на снимке с заранее известным линейным размером, например, эталон чувствительности.

## **7. РАСШИФРОВКА СНИМКОВ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Для определения размеров несплошностей следует использовать шаблон расшифровщика (трафарет) и/или лупу измерительную. Снимки, допущенные к расшифровке, должны удовлетворять следующим требованиям:

- на снимках не должно быть полос, загрязнений и повреждений, затрудняющих их расшифровку;
- на снимках должны быть видны изображения ограничительных меток, маркировочных знаков и эталонов чувствительности (отсутствие допускается при наличии требований в Конкурсном задании);
- оптическая плотность изображений контролируемого участка шва, околосшовной зоны и эталона чувствительности должна быть не менее 1,5 и не более 3,5;
- для цифровой радиографии значение SNRN должно быть не менее 70.

Скоплением пор, шлаковых и вольфрамовых включений следует считать 2 или несколько включений при минимальном расстоянии между ними не более трехкратного максимального размера из двух рассматриваемых включений.

Скопление считается одиночным, если минимальное расстояние от его внешнего контура до внешнего контура любого другого соседнего скопления не менее трехкратной максимальной ширины каждого из двух рассматриваемых скоплений (шириной считается наибольшее расстояние между двумя точками внешнего контура, измеренное в направлении перпендикулярном оси шва), в ином случае необходимо объединять рассматриваемые скопления в одно.

Включения, размером менее удвоенной чувствительности фиксируются в случае, если они входят в скопление, при этом измеряется максимальный размер скопления.

При определении размеров трещин, непроваров, скоплений, расположенных на контролируемом участке и не прерывающихся за его пределами, следует измерять их общую длину, учитывая часть, располагающуюся за ограничительными метками.

При измерении параметров включений, за длину и ширину принимать размеры прямоугольника, в который может быть вписано включение. При этом за длину считать максимальный размер включения, а ширину измерять перпендикулярно длине.

Если проекции протяженных дефектов (непроваров и трещин) на ось шва накладываются друг на друга, то в качестве протяженности принимается общая проекция на ось шва.

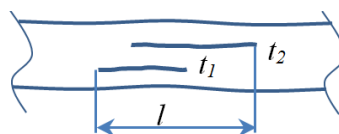
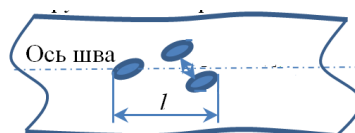


Схема определения длины скопления (определять как длину проекции скопления на ось сварного соединения):



При расшифровке снимков размеры дефектов до 3,0 мм следует округлять в большую сторону с дискретностью 0,1 мм, при размерах дефектов более 3,0 мм округление производят с дискретностью 0,5 мм.

## 8. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Основными видами опасности для персонала при радиографическом контроле являются воздействие на организм ионизирующего излучения и вредных газов, образующихся в воздухе под воздействием излучения, и поражение электрическим током.

Перед началом работ необходимо проверить исправность рентгеновского дефектоскопа/аппарата, электропроводки, высоковольтного кабеля, заземляющих проводов в защитной камере.

При работе на стационарных участках (в камерах просвечивания), перед началом просвечивания необходимо убедиться в отсутствии людей в камере, закрыть дверь в камеру и держать её закрытой на протяжении всей экспозиции.

При проведении работ в нестационарных условиях, перед началом просвечивания необходимо оградить зону контроля, вывесить знаки радиационной опасности, удостовериться в отсутствии людей в зоне проведения работ.

Персонал, выполняющий РГК должен использовать средства индивидуального дозиметрического контроля.

## 9. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

В рамках ТУ установлены требования к качеству сварных конструкций класса А и В, при этом нормы оценки качества принимают по следующим размерным показателям:

Таблица 9

Тип соединения	Размерный показатель (Р)
Стыковое	номинальная толщина более тонкой из свариваемых деталей
Угловое, тавровое, нахлесточное	расчетная высота углового шва
Торцевое	удвоенная номинальная толщина более тонкой детали
при контроле стыковых сварных соединений труб или других цилиндрических деталей через две стенки - номинальная толщина одной стенки	

Включения, максимальный размер которых менее удвоенной требуемой чувствительности контроля, в рамках данных ТУ фиксации не подлежат.

Оценку размеров подрезов, смещений кромок, чешуйчатости проводят методом ВИК, при регистрации результатов РГК допускается указывать наличие данных дефектов без размеров.

### 1. Конструкции класса В

Качество сварного соединения считается удовлетворительным, если на снимках не будут зафиксированы трещины и непровары, включения, вогнутость или выпуклость корня шва, превышающие нормы, приведенные в таблицах 11-12.

Нормы допустимости одиночных включений и скоплений приведены в таблице 10

Таблица 10

Размерный показатель * Р, мм	Одиночные включения и скопления			Одиночные крупные включения		
	Максимально допускаемый размер		Допускаемое число на любом участке длиной 100 мм	Допускаемые		Допускаемое число на любом участке длиной 100 мм
	включения мм	скопления мм		наибольший размер, мм	наибольшая ширина, мм	
От 1,0 до 2,0 включительно	0,3	0,4	10	3,0	0,3	1
Более 2,0 до 2,5 включительно	0,4	0,6	10	3,0	0,4	1
Более 2,5 до 3,0 включительно	0,5	0,8	10	3,0	0,5	1
Более 3,0 до 4,5 включительно	0,6	1,0	10	3,0	0,6	1
Более 4,5 до 6,5 включительно	0,8	1,2	11	3,0	0,8	1
Более 6,5 до 7,5 включительно	1,0	1,5	11	3,0	1,0	1
Более 7,5 до 10,0 включительно	1,2	2,0	12	3,5	1,2	1
Более 10,0 до 12,0 включительно	1,5	2,5	12	3,0	1,5	1
Более 12,0 до 14,0	1,5	2,5	13	4,0	1,5	1

Размерный показатель * Р, мм	Одиночные включения и скопления			Одиночные крупные включения		
	Максимально допускаемый размер		Допускаемое число на любом участке длиной 100 мм	Допускаемые		Допускаемое число на любом участке длиной 100 мм
	включения мм	скопления мм		наибольший размер, мм	наибольшая ширина, мм	
включительно						
Более 14,0 до 22,0 включительно	2,0	3,0	13	4,0	2,0	1
Более 22,0 до 32,0 включительно	2,5	3,5	15	5,0	2,5	1
Свыше 32	3,0	4,0	15	6,0	3,0	1
*Р - размерный показатель в соответствии с таблицей 9 настоящих ТУ						

Таблица 11

Номинальная толщина стенки сваренных деталей S, мм	Допускаемая максимальная высота (глубина) вогнутости корня шва, мм
Свыше 1,0 до 3,0 включительно	0,6
Свыше 3,0 до 4,0 включительно	0,8
Свыше 4,0 до 6,0 включительно	1,0
Свыше 6,0 до 8,0 включительно	1,2
Свыше 8,0	0,15S, но не более 1,6 мм

Таблица 12

Внутренний диаметр трубы, мм	Максимально допустимый размер выпуклости, мм
До 25 вкл.	1,5
Свыше 25 до 150 вкл.	2,0
Свыше 150	2,5

Для сокращенной записи дефектов при оформлении результатов контроля конструкций класса В следует использовать условные обозначения таблицы 13

Таблица 13

Вид дефекта	Условное обозначение	Характер дефекта	Условное обозначение
Трещины	Т	Трещина вдоль шва	Тв
		Трещина поперек шва	Тп
		Трещина разветвленная	Тр
Непровары	Н	Непровар в корне	Нк
		Непровар по разделке	Нр
Поры	П	Отдельная пора	П
		Скопление	СП
Шлаковые включения	Ш	Отдельное включение	Ш
		Скопление	Сш
Вольфрамовые включения	В	Отдельное включение	В
		Скопление	СВ
Вогнутость корня шва	Вгк		
Выпуклость корня шва	Впк		
Подрез	Пдр		
Смещение кромок	Скр		

После условного обозначения дефектов указываются их размеры в миллиметрах:

- для сферических пор, шлаковых и вольфрамовых включений - диаметр;
- для удлиненных пор, шлаковых и вольфрамовых включений – длина  $b$  х ширина  $h$ ;
- для скоплений, непроваров и трещин – длина  $L$ .

Для скоплений пор, шлаковых и вольфрамовых включений после условного обозначения дефектов, входящих в скопление, указываются максимальные диаметр или длина и ширина этих дефектов через знак умножения (например: С20П3х1).

## 2. Конструкции класса А

Нормы оценки дефектов, выявляемых по результатам РГК приведены в таблице 14

Таблица 14

Тип дефекта	Условное обозначение	Максимально допустимые размеры по уровням качества, мм		
		Высокий	Средний	Низкий
Поры	Аа	$b(h) = 0,2 \times P$ но не более 2 мм	$b(h) = 0,25 \times P$ но не более 3 мм	$b(h) = 0,3 \times P$ но не более 4 мм
		$\Sigma_{100}$ не более 10 мм		$\Sigma_{100}$ не более 20 мм
Скопление пор	Ас	$L = 2 \times P$ но не более 15 мм		$L = 2 \times P$ но не более 30 мм
		$\Sigma_{100}$ не более 30 мм		
		Размер каждой поры, входящей в скопление не должен превышать максимально допустимые размеры одиночной поры		
Шлаковые включения	Ва	$b(h) = 0,1 \times P$ но не более 2 мм	$b(h) = 0,2 \times P$ но не более 3 мм	$b(h) = 0,3 \times P$ но не более 4 мм
		$\Sigma_{100}$ не более 10 мм		
Включения вольфрама	Wa	$b(h) = 0,2 \times P$ но не более 2 мм	$b(h) = 0,25 \times P$ но не более 3 мм	$b(h) = 0,3 \times P$ но не более 4 мм
		$\Sigma_{100}$ не более 10 мм		$\Sigma_{100}$ не более 20 мм
Скопление шлаковых включений	Вс	$L = 2 \times P$ но не более 15 мм		$L = 2 \times P$ но не более 30 мм
		$\Sigma_{100}$ не более 30 мм		
		Размер каждого включения, входящего в скопление не должен превышать максимально допустимые размеры одиночного включения		
Скопление вольфрам. включений	Wс	$L = 2 \times P$ но не более 15 мм		$L = 2 \times P$ но не более 30 мм
		$\Sigma_{100}$ не более 30 мм		
		Размер каждого включения, входящего в скопление не должен превышать максимально допустимые размеры одиночного включения		
Непровары в корне	Da	$l = 0,5 \times P$ но не более 5 мм	$l = 2 \times P$ но не более 15 мм	
		$\Sigma_{100}$ не более 25 мм		$\Sigma_{100}$ не более 30 мм
Непровары по разделке	Dс	не допускаются	$l = 2 \times P$ , но не более 10 мм	
			$\Sigma_{100}$ не более 25 мм	
Трещины		Не допускаются		
вдоль шва	Ea			
поперек шва	Eb			
разветвлен.	Ec			
Вогнутость корня	Fa	Свыше 1,0 до 3,0 включительно		0,6
		Свыше 3,0 до 4,0 включительно		0,8
		Свыше 4,0 до 6,0 включительно		1,0
		Свыше 6,0 до 8,0 включительно		1,2

		Свыше 8	0,15S, но не более 1,6 мм
Суммарная протяженность всех дефектов на участке 100 мм не должна превышать 30 мм			
$\Sigma_{100}$ – суммарная протяженность дефектов на участке 100 мм P – размерный показатель в соответствии с таблицей 8 настоящих ТУ $b(h)$ – длина (ширина) включения, мм. Для сферического включения- $d$ -диаметр L – длина скопления, мм l – длина дефекта, мм			

Оценку подрезов, смещений кромок, чешуйчатости проводят методом ВИК, при регистрации результатов РГК указанные дефекты допускается не учитывать.

При регистрации результатов контроля конструкций класса А следует использовать краткую запись обнаруженных дефектов в соответствии с таблицей 13.

После условного обозначения дефекта указывается его фактический размер в мм:

- для сферических пор и включений-диаметр  $d$ ;
- для удлиненных пор, шлаковых и вольфрамовых включений – длина  $b$  х ширина  $h$ ;
- для скоплений, непроваров и трещин – длина  $L, l$ .

Для скоплений пор, шлаковых и вольфрамовых включений после условного обозначения дефектов, входящих в скопление, указываются максимальные диаметр или ширина и длина этих дефектов (через знак умножения).

После указания дефектов указывается их суммарная протяженность на оценочном участке.

Пример:

№ п/п	Описание дефекта	Пример записи
1	Единичная сферическая пора диаметром 1 мм	Aa1,0
2	Единичная удлиненная пора длиной 7 мм, шириной 2 мм	Aa7,0×2,0
3	Скопление пор длиной 25 мм, с максимальным размером поры 2 мм	Ac25-2,0
4	Непровар в корне шва длиной 20 мм	Da20
5	Трещина вдоль шва длиной 100 мм	Ea100
6	Суммарная протяженность всех дефектов на участке сварного соединения длиной 100 мм равна 45 мм	$\Sigma_{100}$ -45



**СХЕМЫ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ:**

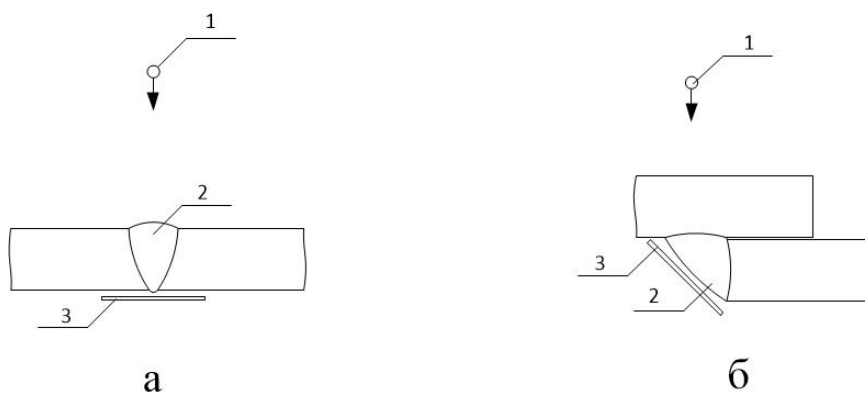


Рисунок 1.1 (схемы 1а и 1б)

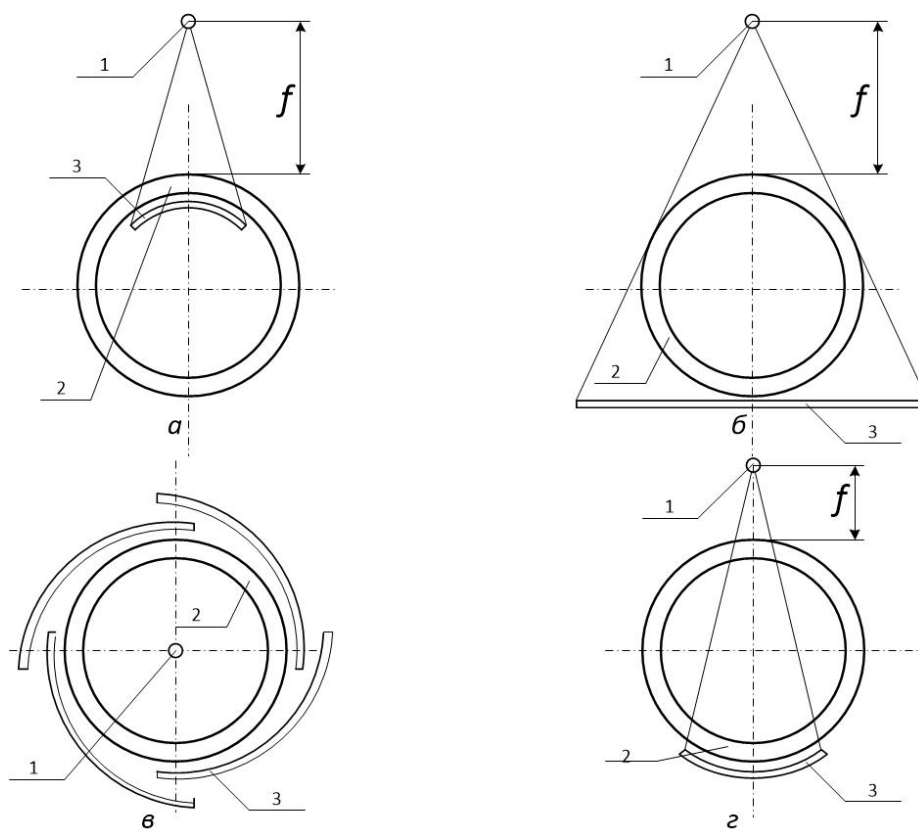


Рисунок 1.2 (схемы 2а, 2б, 2в, 2г)

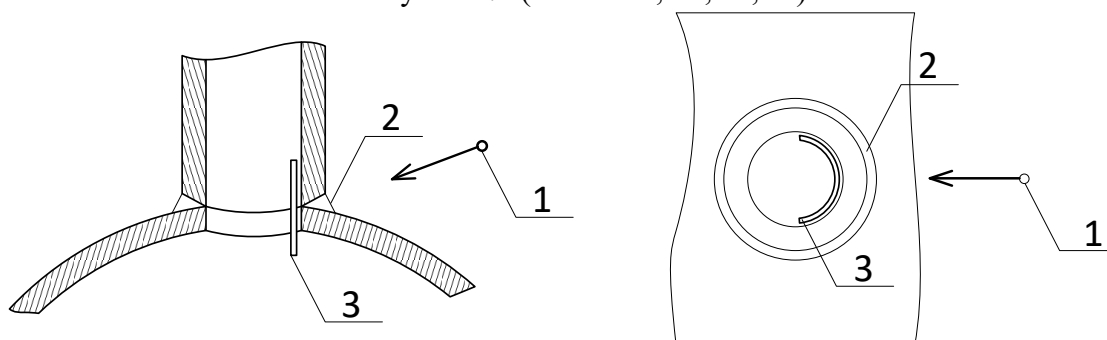


Рисунок 1.4 (схема 4)

На всех схемах принято условное обозначение: 1 - источник излучения; 2 - контролируемый участок; 3- кассета с пленкой.

В зависимости от конфигурации объекта контроля следует использовать следующие схемы:

- схему 2а - для контроля цилиндрических и сферических пустотелых изделий с внутренним диаметром более 25 мм, если есть доступ внутрь изделия.
- схему 2б- для контроля цилиндрических и сферических пустотелых изделий с внешним диаметром до 100 мм, без доступа внутрь изделия
- схему 2в - для контроля цилиндрических и сферических пустотелых изделий с внешним диаметром до 2 м. при наличии соответствующего источника с панорамной геометрией излучения.
- схему 2г- для контроля цилиндрических и сферических пустотелых изделий с внешним диаметром более 100 мм, без доступа внутрь изделия.
- схемы 1 – для контроля стыковых и нахлесточных сварных соединений не цилиндрических и сферических объектов (листов, пластин)
- схему 4 – для контроля угловых сварных соединений труб с доступом во внутрь. Внутренний диаметр наименьшей трубы не должен быть меньше 25 мм.