

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ**

Методические рекомендации к самостоятельной работе для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» заочной формы обучения

УДК 621.791.7
ББК 30.61
Т 38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
ГУВПО «Белорусско-Российский университет»

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» 27 апреля 2017 г., протокол № 9

Составитель: канд. техн. наук., доц. А. Н. Сеница

Рецензент: Прудников А.П.

Даны задания к самостоятельной работе по дисциплине «Методы контроля качества сварных соединений» для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» заочной формы обучения, а также приведены методические указания по ее выполнению, перечень необходимой литературы.

Учебно-методическое издание
Методы контроля качества сварных соединений

Ответственный за выпуск
Технический редактор
Компьютерная верстка

В. П. Куликов
А.Н.Сеница
А.Н.Сеница

**Подписано в печать . Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №**

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

2017

© ГУВПО «Белорусско-Российский

университет»,

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематика контрольной работы	3
2. Последовательность выполнения самостоятельной работы.....	4
3. Пример выполнения самостоятельной работы	11
Список литературы	14

Введение

Цель преподавания дисциплины

Ознакомить студентов с методами контроля качества в сварочном производстве.

Задачи изучения дисциплины

Студент, изучивший дисциплину **должен знать:**

- классификацию методов контроля, применяемых в сварочном производстве;
- дефекты сварных соединений, их влияние на работоспособность конструкций;
- методы, средства и технологии контроля качества сварных соединений.

Студент, изучивший дисциплину, **должен уметь использовать:**

- методы неразрушающего контроля для оценки качества сварных соединений металлических конструкций;
- новые прогрессивные методы и средства неразрушающего контроля в сварочном производстве.

Студент, изучивший дисциплину, **должен владеть:**

- методами выбора и применения методов контроля качества в сварочном производстве;
- правилами техники безопасности при эксплуатации оборудования для контроля.

Содержание дисциплины

Дисциплина включает следующие разделы:

1. Сертификация квалификации персонала. Организация службы технического контроля.
2. Общие сведения о сварочных дефектах. Дефекты сварки плавлением. Дефекты контактной сварки. Причины образования дефектов. Влияние дефектов на работоспособность конструкций. Обоснование норм допустимости дефектов. Способы устранения дефектов.
3. Методы контроля качества сварных соединений. Визуальный и измерительный контроль. Магнитный контроль. Методы радиационного контроля. Ультразвуковой контроль. Капиллярный контроль. Методы контроля герметичности.

1 Тематика самостоятельной работы

Темой контрольной работы является выбор параметров радиографического контроля относительно несложного сварного узла.

В качестве объекта контроля должны выбираться изделия в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Варианты контрольной работы

№ варианта	Форма узла	Сварной шов	Толщина металла, мм	Класс сварного соединения по ГОСТ 23055	Источник ионизирующего излучения
1.	Труба Ø32 м	Кольцевой	5	1	РУП-200-5-2
2.	Труба Ø32 м	Кольцевой	8	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
3.	Труба Ø89 мм	Кольцевой	4	1	РУП-200-5-2
4.	Труба Ø89 мм	Кольцевой	9	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
5.	Труба Ø159 мм	Кольцевой	7	1	РУП-200-5-2
6.	Труба Ø159 мм	Кольцевой	12	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
7.	Труба Ø219 мм	Кольцевой	8	1	РУП-200-5-2
8.	Труба Ø219 мм	Кольцевой	14	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
9.	Труба Ø351 м	Кольцевой	8	1	РУП-200-5-2
10.	Труба Ø351 м	Кольцевой	16	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²

№ варианта	Форма узла	Сварной шов	Толщина металла, мм	Класс сварного соединения по ГОСТ 23055	Источник ионизирующего излучения
11.	Труба Ø426 мм	Кольцевой	9	1	РУП-200-5-2
12.	Труба Ø426 мм	Кольцевой	18	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
13.	Труба Ø530 мм	Кольцевой	10	1	РУП-200-5-2
14.	Труба Ø530 мм	Кольцевой	18	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
15.	Труба Ø820 мм	Кольцевой	8	1	РУП-200-5-2
16.	Труба Ø820 мм	Кольцевой	16	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
17.	Труба Ø1020 мм	Кольцевой	8	1	РУП-200-5-2
18.	Труба Ø1020 мм	Кольцевой	16	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
19.	Труба Ø1420 мм	Кольцевой	10	1	РУП-200-5-2
20.	Труба Ø1420 мм	Кольцевой	20	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
21.	Труба Ø630 мм	Продольный	7	2	РУП-200-5-2
22.	Труба Ø720 мм	Продольный	8	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
23.	Труба Ø820 мм	Продольный	9	2	РУП-200-5-2
24.	Труба Ø920 мм	Продольный	10	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
25.	Труба Ø1020 мм	Продольный	11	2	РУП-200-5-2
26.	Труба Ø1120 мм	Продольный	12	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
27.	Труба Ø1220 мм	Продольный	13	2	РУП-200-5-2
28.	Труба Ø1420 мм	Продольный	14	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²
29.	Стыковое соединение	Продольный	12	2	РУП-200-5-2
30.	Тавровое соединение	Продольный	8	2	Стапель-5 с источником Jг ¹⁹²

Основные технические характеристики источников ионизирующего излучения представлены в таблицах 2, 3 [1, 2].

Таблица 2 — Основные технические характеристики рентгеновского аппарата РУП-200-5-2

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питающей сети, кВ	220/380
Номинальный анодный ток рентгеновской трубки, мА	5
Номинальное напряжение на рентгеновской трубке, кВ	200
Толщина просвечивания стали, мм	до 60
Максимальный размер фокусного пятна источника излучения Ф, мм	4

Таблица 3 — Основные технические характеристики γ-дефектоскопа Стапель-5 (Ir-192)

Наименование	Значение
Источник излучения на основе радионуклида	Ir-192
Эффективная энергия гамма-излучения, МэВ	0,40
Оптимальная контролируемая толщина (сталь), мм	10-80
Период полураспада радионуклида	74 дн.
Активность источника, Ки, до	7
Масса радиационной головки, кг, до	10
Максимальный размер фокусного пятна источника излучения Ф, мм	1

2. Последовательность выполнения контрольной работы.

2.1. Выбор вида и источника излучения.

С учетом толщины и места расположения контролируемого изделия определяют вид излучения и его основные характеристики, энергию излучения (напряжение на рентгеновской трубке), тип радиоактивного источника, марку рентгеновского аппарата или гамма-источника. Для этого можно воспользоваться данными таблиц 4 и 5 [3].

Таблица 4 — Выбор напряжения на рентгеновской трубке

Толщина контролируемого сплава, мм на основе			Напряжение на рентгеновской трубке, кВ
железа	титана	алюминия	
до 5	до 8	до 50	

Толщина контролируемого сплава, мм на основе		Напряжение на рентгеновской трубке, кВ
железа	титана	
5-20	2-40	120-200
10-40	4-70	150-300
20-80	15-120	200-400

Таблица 5 — Выбор источника излучения для γ -контроля

Толщина контролируемого сплава, мм, на основе			Радиоактивный источник
железа	титана	алюминия	
1-20	2-40	30-70	Tm^{170}
3-30	7-50	20-200	Se^{75}
5-80	10-120	40-350	Jr^{192}
10-120	20-150	50-350	Cs^{137}
30-200	60-300	200-500	Co^{60}

2.2 Схемы контроля и определение параметров контроля.

2.2.1 Сварные соединения следует контролировать по схемам, приведенным на рисунках 4 – 22; при этом во всех случаях (кроме рисунка 14) центральный луч пучка излучения должен проходить через середину участка, контролируемого за одно экспонирование [4, 5].

2.2.2 При ограниченной ширине привариваемого элемента допускается проводить контроль тавровых сварных соединений с направлением излучения по образующей этого элемента в соответствии с рисунком 7.

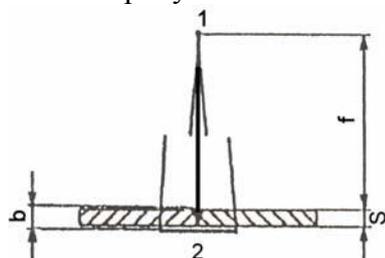


Рисунок 4

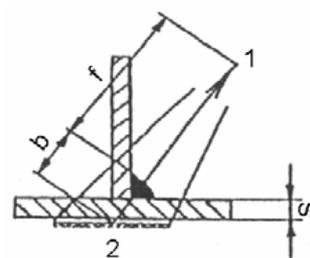


Рисунок 5

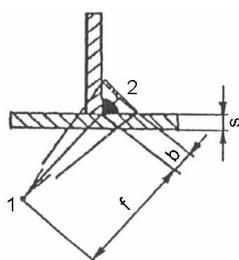


Рисунок 6

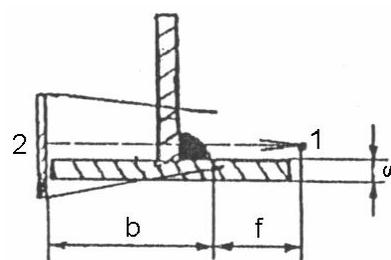


Рисунок 7

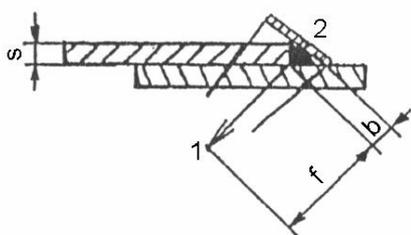


Рисунок 8

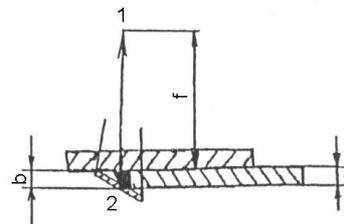


Рисунок 9

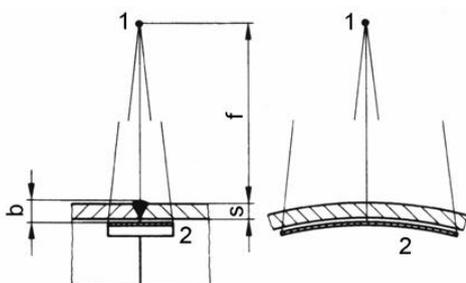


Рисунок 10

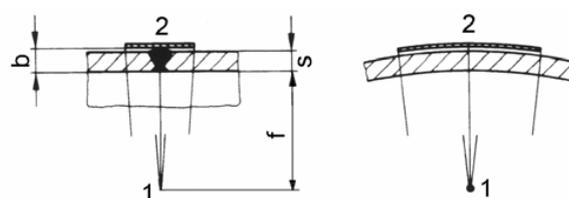


Рисунок 11

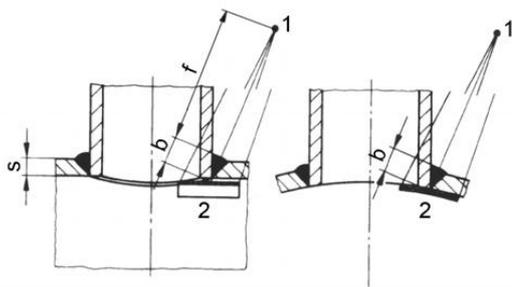


Рисунок 12

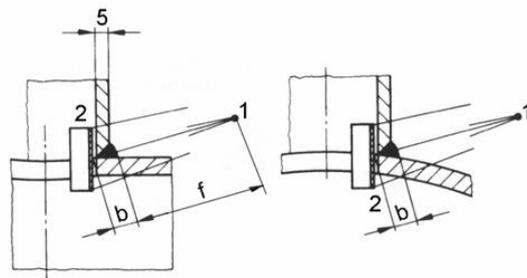


Рисунок 13

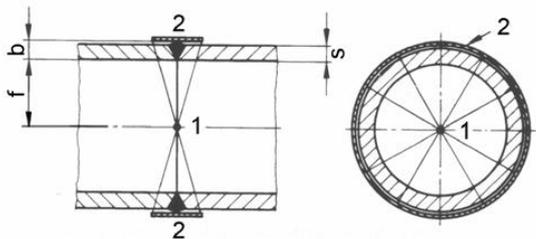


Рисунок 14

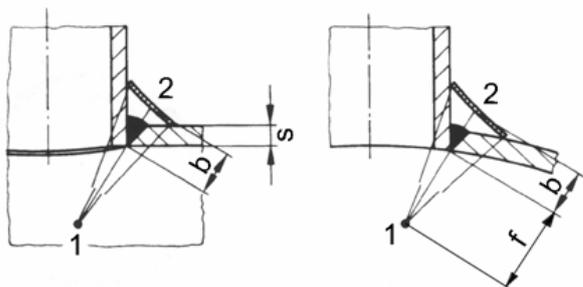


Рисунок 15

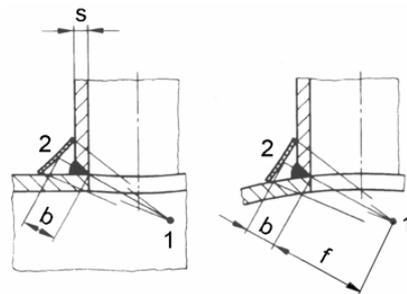


Рисунок 16

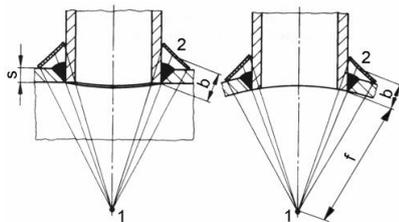


Рисунок 17

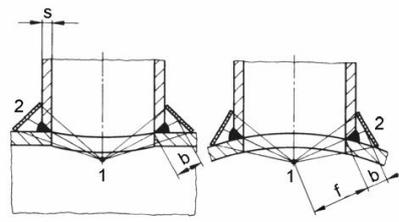


Рисунок 18

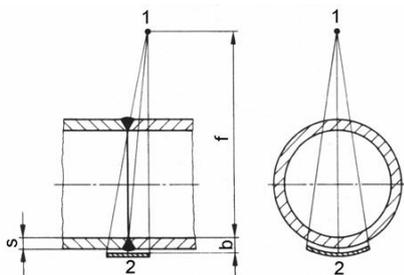


Рисунок 19

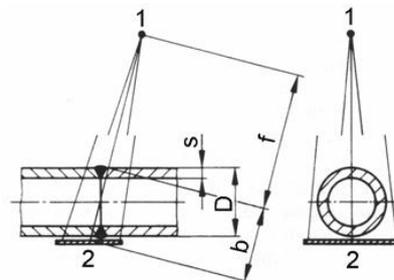


Рисунок 20

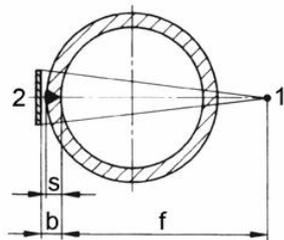


Рисунок 21

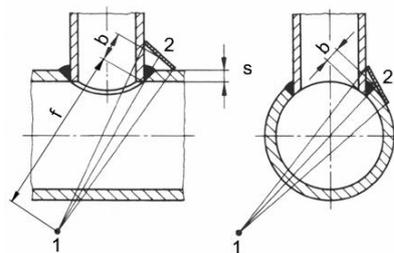


Рисунок 22

1 – источник излучения; 2 – кассета с пленкой; b – расстояние от наиболее удаленной от кассеты с пленкой точки контролируемого участка до кассеты с пленкой; s – контролируемая толщина; f – расстояние от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка

2.2.3 При выборе схемы и направления излучения следует учитывать, что расстояние от контролируемого сварного соединения до радиографической пленки должно быть минимальным и в любом случае не превышать 150 мм; угол между направлением излучения и нормалью к радиографической пленке в пределах контролируемого за одно экспонирование участка сварного соединения должен быть минимальным и в любом случае не превышать 45°.

2.2.4 Расстояние от источника излучения до ближайшей к источнику поверхности контролируемого участка сварного соединения (или до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка) и размеры контролируемых за одно экспонирование участков для всех схем просвечивания (за исключением рисунка 14) следует выбирать такими, чтобы при просвечивании выполнялись следующие требования:

- геометрическая нерезкость изображений дефектов на снимках при расположении пленки вплотную к контролируемому сварному соединению не должна превышать половины требуемой чувствительности контроля при чувствительности до 2 мм и 1 мм при чувствительности более 2 мм;

- относительное увеличение размеров изображений дефектов, расположенных со стороны ИИИ излучения (по отношению к дефектам, расположенным со стороны пленки), не должно превышать 1,25;

- уменьшение оптической плотности изображения сварного соединения на любом участке этого изображения по отношению к оптической плотности в месте установки проволочного эталона чувствительности или по отношению к оптической плотности изображения канавочного или пластинчатого эталона чувствительности не должно превышать 1,0.

2.2.5 Расстояние f от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка определяется для прямолинейных сварных соединений по формуле

$$f > CS, \quad (1)$$

где $C = 2\Phi/K$, при $\Phi/K \geq 2$; $C = 4$, при $\Phi/K \leq 2$; где S – контролируемая толщина, мм; Φ – максимальный размер фокусного пятна источника излучения, мм; K – требуемая чувствительность контроля, мм.

Для криволинейных сварных соединений f определяется из соотношения:

- для третьего класса чувствительности контроля

$$f/\phi > 7,5b^{2/3}; \quad (2)$$

- для первого, второго класса чувствительности контроля

$$f/\phi > 15b^{2/3}, \quad (3)$$

где b – расстояние в мм от наиболее удаленной от кассеты с пленкой точки контролируемого участка до кассеты с пленкой (определяется путем расчетов или непосредственных измерений).

Зависимость f/ϕ от b приведена на рисунке 23, по которому определяется требуемое минимальное значение f с учетом класса чувствительности контроля.

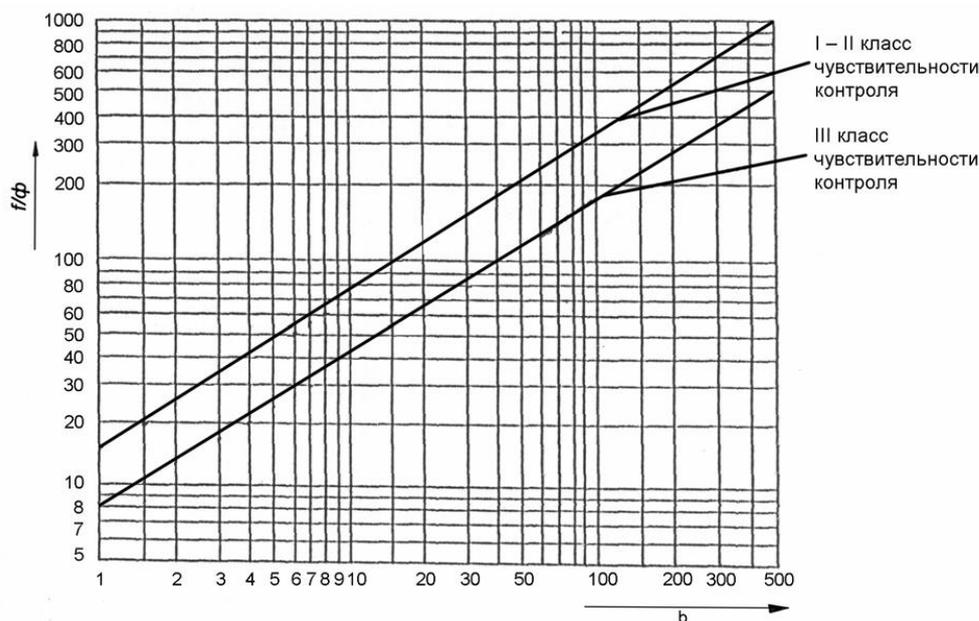


Рисунок 23 – Номограммы для определения требуемого минимального значения f с учетом класса чувствительности контроля

2.2.6 Класс чувствительности контроля указывается в технической документации либо определяется по ГОСТ 23055 в соответствии с классом сварных соединений [6]:

- 1-му классу сварных соединений соответствует I класс чувствительности;
- 2 – 4-му классам сварных соединений соответствует II класс чувствительности;
- 5 – 7-му классам сварных соединений соответствует III класс чувствительности.

2.2.7 Длина L контролируемых за одно экспонирование участков при контроле прямолинейных сварных соединений должна быть не более $0,8f$ согласно формуле

$$L < 0,8f, \quad (4)$$

где f – расстояние от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка.

Минимальное количество экспонирований (количество участков) N при контроле криволинейных сварных соединений определяется по рисункам 24, 25.

Для схем, приведенных на:

- рисунке 24а – $N = 1$;
- рисунке 24б – $N = 2 - 4$;
- рисунке 24в – $N = 3 - 4$;
- рисунке 24г – $N > 3$.

Расстояние от источника излучения до контролируемого участка сварного соединения и длина контролируемых за одно экспонирование участков при контроле кольцевых сварных соединений цилиндрических и сферических пустотелых изделий с диаметром более 2 м определяются так же, как для прямолинейных сварных соединений.

2.2.8 При контроле кольцевых сварных соединений цилиндрических и сферических пустотелых изделий следует, как правило, использовать схемы просвечивания через одну стенку (рисунки 10 – 18). При этом рекомендуется использовать схемы просвечивания с расположением источника излучения внутри контролируемого изделия.

2.2.9 При контроле сварных соединений по рисунку 14 (панорамное просвечивание) отношение внутреннего диаметра d к внешнему диаметру D контролируемого соединения не должно быть менее 0,8, а максимальный размер фокусного пятна Φ источника излучения должен удовлетворять соотношению

$$\Phi \leq \frac{Kd}{2(D-d)} \quad (4)$$

где K – чувствительность контроля.

2.2.10 При отсутствии источника излучения, удовлетворяющего формуле (4), допускается при контроле по рисунку 14 использовать источники излучения с максимальным размером фокусного пятна, удовлетворяющим соотношению

$$\Phi \leq \frac{Kd}{(D-d)} \quad (5)$$

В этом случае эталон чувствительности должен устанавливаться на сварном соединении или имитаторе сварного соединения, используемом при определении чувствительности, только со стороны источника излучения.

2.2.11 В тех случаях, когда размеры дефектов не определяются (например, дефекты не допускаются независимо от их размеров), соотношение (4) между внутренним и внешним диаметрами контролируемого соединения может не соблюдаться.

2.2.12 Схема, приведенная на рисунке 19, рекомендуется для просвечивания кольцевых сварных соединений любого диаметра, если невозможен или нецелесообразен контроль изделий по схемам просвечивания через одну стенку.

2.2.13 Схема, приведенная на рисунке 20, рекомендуется для просвечивания сварных соединений трубопроводов диаметром до 100 мм, только если просвечивание по рисунку 19 невозможно. Сварное соединение (рисунок 20) контролируется за два экспонирования; при этом источник излучения устанавливается так, чтобы центральные лучи пучков излучения при экспонированиях были взаимно перпендикулярны.

2.2.14 При контроле сварных соединений по рисункам 19, 20 направление излучения следует выбирать таким, чтобы изображения противоположащих участков сварного шва на снимке не накладывались друг на друга. При этом угол между направлением излучения и плоскостью сварного шва должен быть минимальным и в любом случае не превышать 45° .

2.2.15 Продольные стыковые соединения цилиндрических изделий следует контролировать по рисунку 21.

2.2.16 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 свыше 100 мм – не менее 20 мм.

2.2.17 Ширина снимков должна обеспечивать получение изображений сварного шва, эталонов чувствительности, маркировочных знаков и околовшовных зон шириной:

- для стыковых и нахлесточных соединений:
 - не менее 5 мм – при толщине свариваемых кромок до 5 мм;
 - не менее толщины свариваемых кромок – при толщине свариваемых кромок от 5 до 20 мм;
 - не менее 20 мм – при толщине свариваемых кромок свыше 20 мм;
- для тавровых и угловых соединений:
 - устанавливается технической документацией на контроль или приемку этих соединений.

2.2.18 Класс рентгеновских пленок выбирается по рисунку 26.

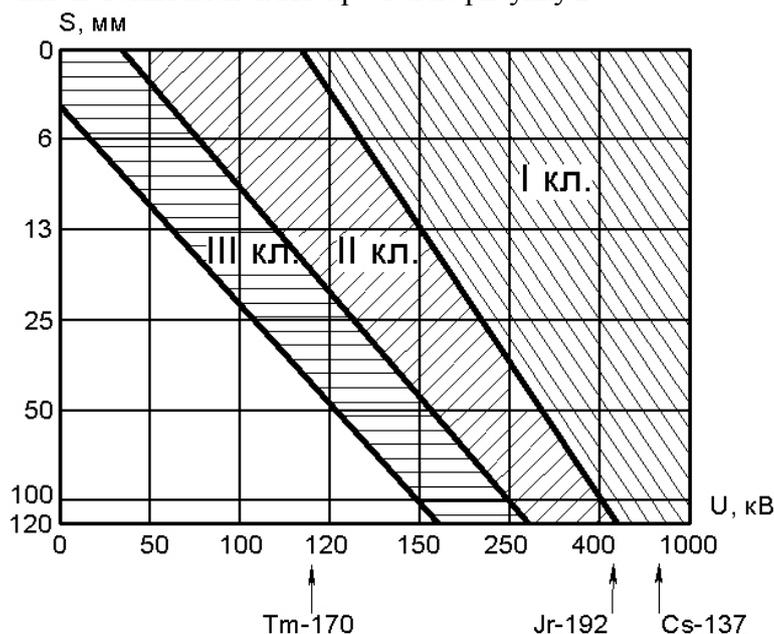


Рисунок 26 – Область применения рентгеновских пленок при контроле объектов из стали.

2.2.19 Толщина усиливающих экранов выбирается по таблице 6, а способы зарядки пленок в кассеты по таблице 7.

Таблица 6 - Толщина свинцовых усиливающих экранов.

Источник излучения	Толщина экрана, мм
Рентгеновский аппарат с напряжением на рентгеновской трубке до 100 кВ	До 0.02
Рентгеновский аппарат с напряжением на рентгеновской трубке свыше 100 до 300 кВ	От 0.05 до 0.09
Рентгеновский аппарат с напряжением на рентгеновской трубке свыше 300 кВ	0.09
Tm-170	0.09
Se-75; Ir-192	От 0.09 до 0.20
Cs-137	-"- 0.20 -"- 0.30
Co-60	-"- 0.30 -"- 0.50
Примечания	
1. При использовании медных латунных и стальных усиливающих экранов их толщина должна быть увеличена в 2 раза по сравнению с приведенной.	
2. Допускается использовать усиливающие экраны с другой толщиной, если эти экраны поставляются в одной упаковке с пленкой.	
3. При применении экранов с различной толщиной более толстый экран должен использоваться со стороны, противоположной источнику излучения. В этом случае его толщина может превышать приведенную.	

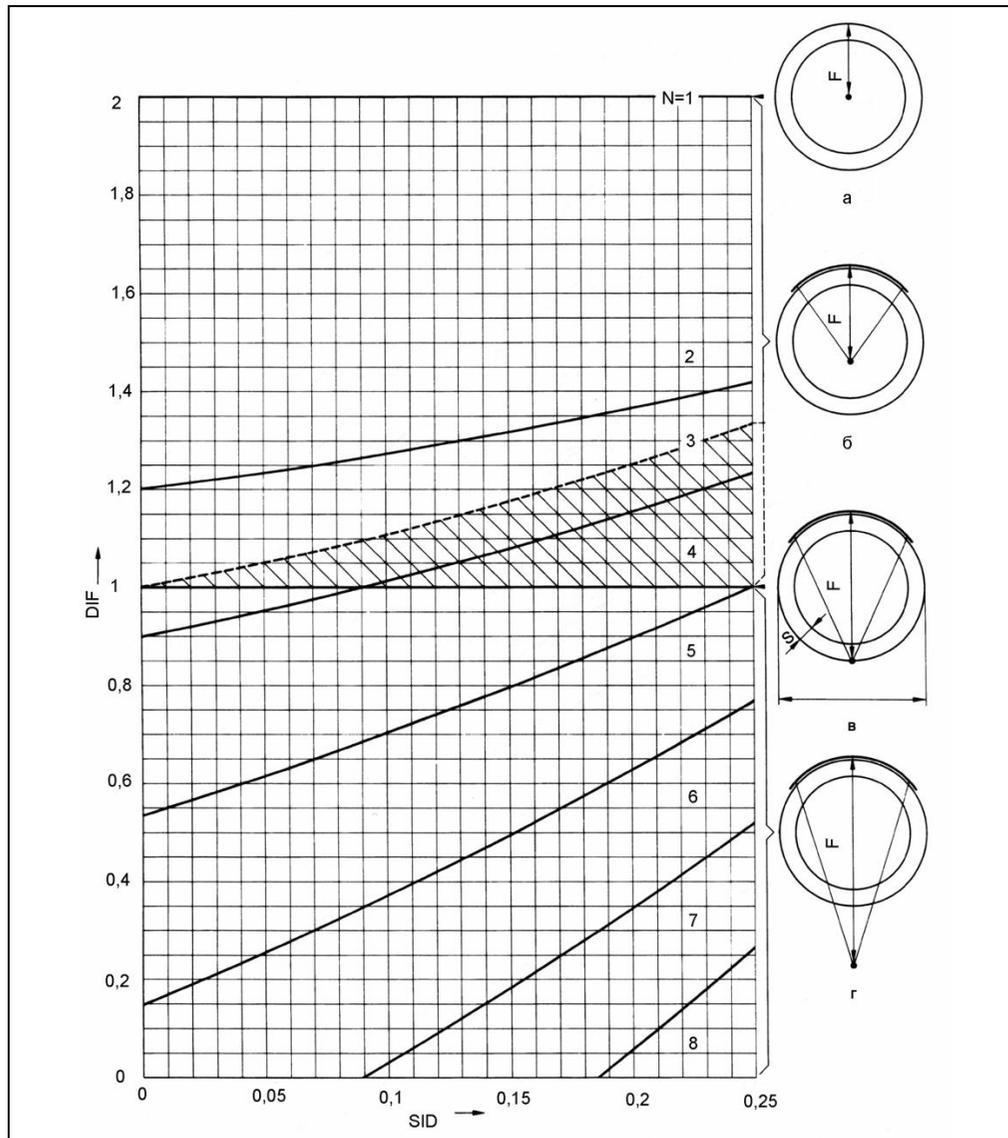


Рисунок 24 – Номограмма для определения количества контролируемых участков N
 D – наружный диаметр; S – контролируемая толщина; F – фокусное расстояние (расстояние от источника до кассеты с пленкой)

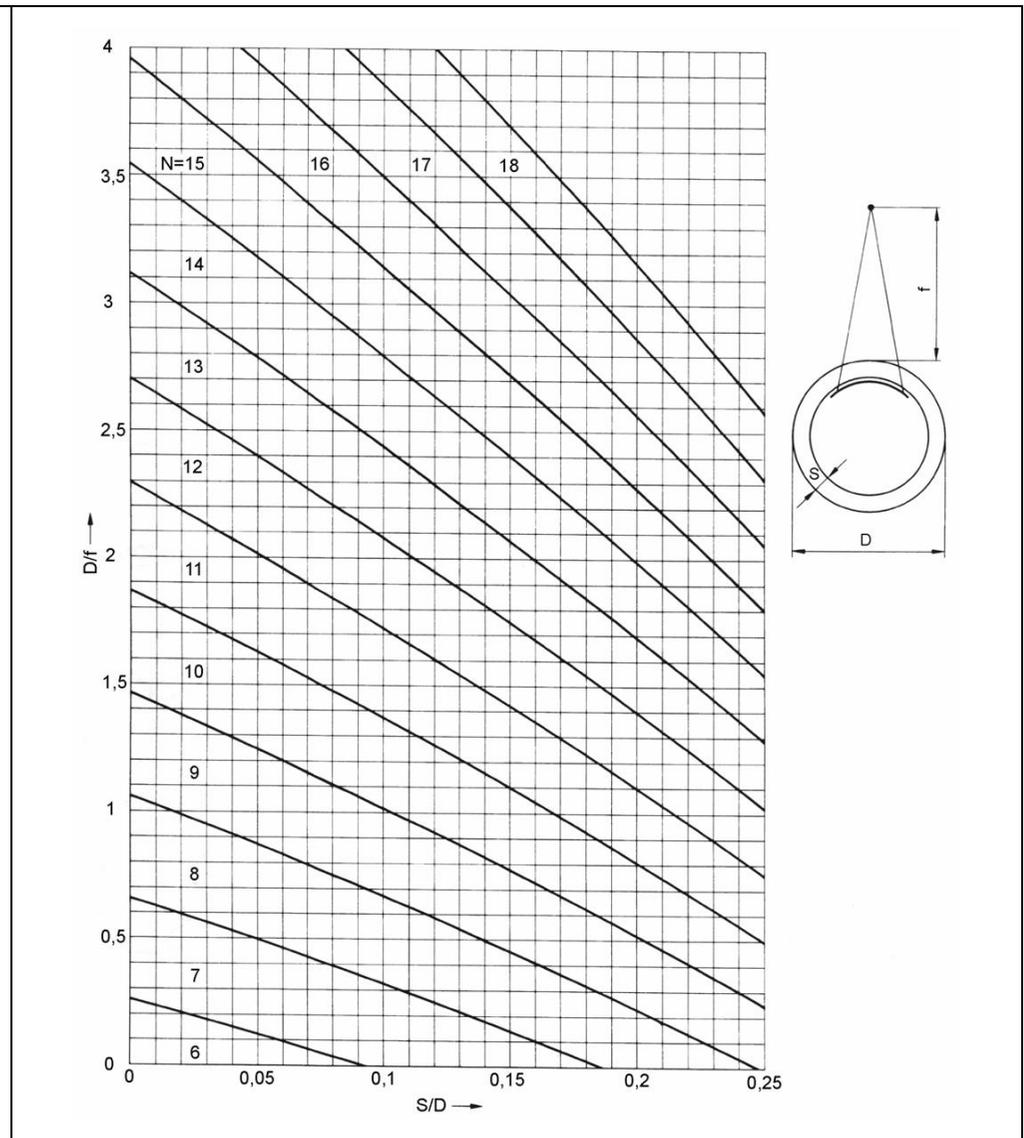
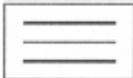
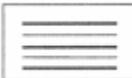


Рисунок 25 – Номограмма для определения количества контролируемых участков N
 D – наружный диаметр; S – контролируемая толщина; f – расстояние от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка

Таблица 7 - Способы зарядки пленок в кассеты с усиливающими экранами.

Способ зарядки	Наличие пленок в кассете	
	Одна	Две
Без экранов		
С усиливающими металлическими экранами		

Примечание. Условные обозначения, применяемые в таблице 7.

Радиографическая пленка  ; металлический экран .

2.2.20 Чувствительность контроля не должна превышать значений, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Предельные значения требуемой чувствительности контроля

Контролируемая толщина, мм	Класс чувствительности		
	I	II	III
До 5 вкл.	0,10	0,10	0,20
Св. 5 до 9 вкл.	0,20	0,20	0,30
Св. 9 до 12 вкл.	0,20	0,30	0,40
Св. 12 до 20 вкл.	0,30	0,40	0,50
Св. 20 до 30 вкл.	0,40	0,50	0,60

2.2.21 Чувствительность контроля не должна превышать значений, приведенных в таблице 8.

2.2.22 Время экспозиции при использовании источника γ -излучения рассчитывается по формуле $t_{\text{эксп}} = T * K_f * 1/M$, где T – экспозиция, определяемая по номограмме рисунок 27; M – активность источника; K_f – коэффициент, учитывающий отличие фокусного расстояния F_0 от фокусного расстояния F контроля ($K_f = F^2/F_0^2$).

2.2.23 При использовании в качестве источника излучения рентгеновского аппарата непрерывного действия экспозиция T определяется как произведение анодного тока трубки рентгеновского аппарата (I) в миллиамперах на величину времени экспозиции ($t_{\text{эксп}}$) в минутах и выбирается по номограмме рисунок 28. Тогда время экспозиции определяют как $t_{\text{эксп}} = T * K_f / I$.

3. Пример выполнения самостоятельной работы.

При выполнении работы студент должен определить следующие параметры контроля.

- Схема просвечивания (привести эскиз).
- Класс рентгеновской пленки.
- Способ зарядки пленок в кассеты с усиливающими экранами и толщину свинцовых экранов.
- Класс чувствительности контроля и значение чувствительности контроля.
- Значение допустимой геометрической нерезкости.
- Минимальное значение f расстояния от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка. Значение фокусного расстояния F .
- Количество контролируемых участков N .
- Время экспозиции.

Пример №1. Исходные данные.

Кольцевой шов трубопровода с наружным диаметром 159 мм и толщиной стенки 7 мм.

Источник ионизирующего излучения – $Jr-192$, активностью 2 гр. экв. Ра.

Класс сварного соединения по ГОСТ 23055 — 2.

1. В виду того, что γ -дефектоскоп не шлангового типа и трубопровод малого диаметра, выбираем схему просвечивания по рисунку 19.

2. Из рисунка 26 определяем класс рентгеновской пленки. Для $Jr-192$ — I-й класс.

3. По таблице 7 выбираем способ зарядки пленок в кассеты с усиливающими экранами.



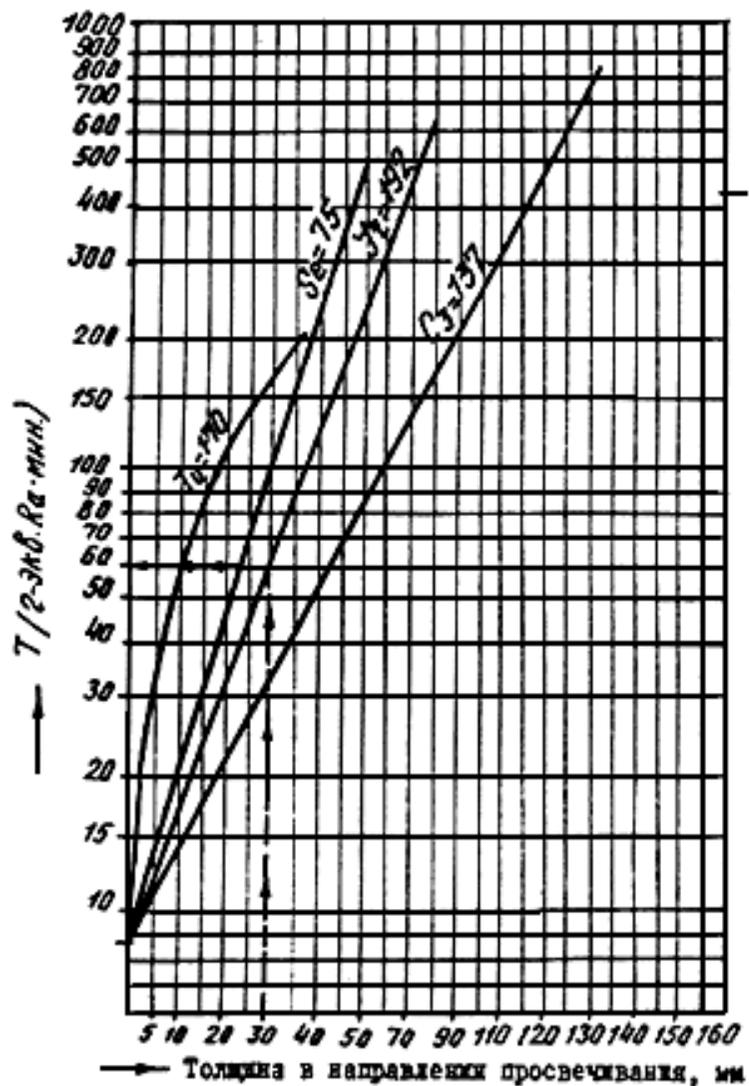


Рисунок 27. – Номограмма для определения экспозиции при использовании источника γ -излучения. $F_0=400$ мм. Пленка РТ-1

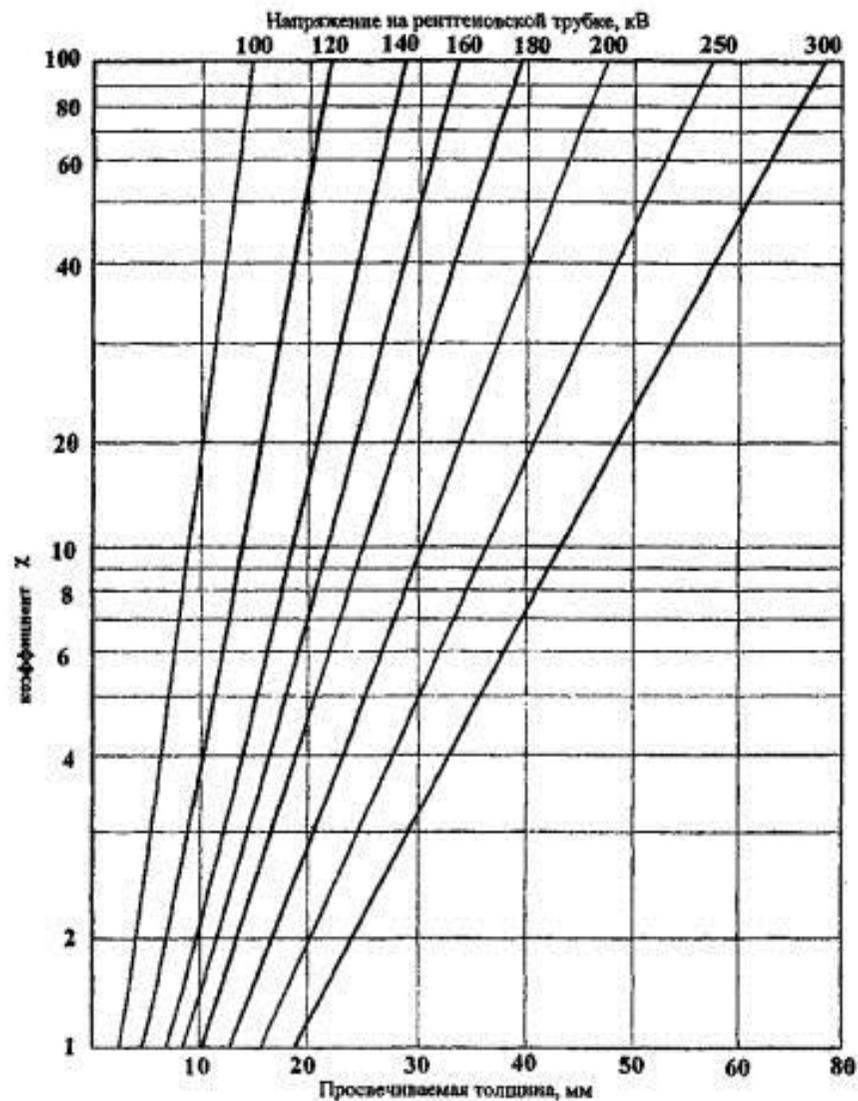


Рисунок 28. – Номограмма для определения экспозиции при использовании источника X -излучения. $F_0=75$ мм. Пленка РТ-1

4. По таблице 6 выбираем толщину свинцовых экранов. Для Jr-192 — 0,2 мм.

5. Выбираем класс чувствительности контроля.

Второму классу сварного соединения по ГОСТ 23055 соответствует II-й класс чувствительности контроля (см. п. 2.2.6 настоящих методических рекомендаций)

6. По таблице 8 для толщины основного металла 7 мм и II-го класса чувствительности контроля выбираем значение чувствительности контроля. $K=0,20$ мм.

7. Значение допустимой геометрической нерезкости Ug выбираем равной 50 % от значения чувствительности контроля K . $Ug=0,5 \cdot K=0,5 \cdot 0,2=0,1$ мм.

8. Для криволинейных сварных соединений минимальное значение f расстояния от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка определяется из соотношения f/Φ и значения b – расстояния от наиболее удаленной от кассеты с пленкой точки контролируемого участка до кассеты с пленкой.

Для Jr-192 — $\Phi=1$ мм (см. табл. 3 настоящих методических рекомендаций).

Значение b берется как сумма толщины основного металла 7 мм и величины выпуклости шва – 3 мм.

Из рис. 23 определяем, что для II-го класса чувствительности и $b=7+3=10$ мм отношение $f/\Phi=80$. Так как $\Phi=1$ мм выбираем минимальное значение f_{min} равным 80 мм.

С учетом того, что диаметр трубы больше f_{min} выбираем фокусное расстояние F (расстояние от источника до кассеты с пленкой). $F=300$ мм. Тогда $f=F-b=290$ мм.

9. Определяем количество контролируемых участков N по номограмме рис. 24.

Зная $D/F=159/300=0,53$ и $s/D=7/159=0,044$ определяем $N=5$.

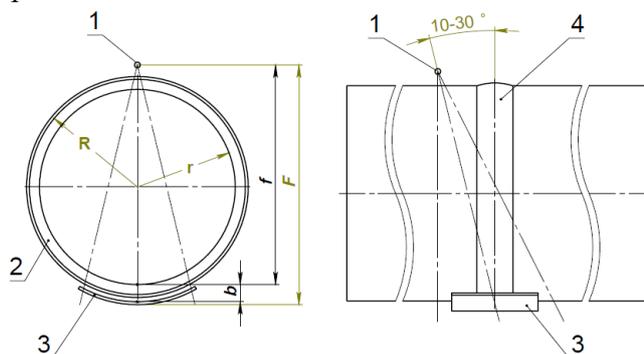
10. Время экспозиции при использовании источника Jr-192 рассчитывается по формуле п. 2.2.22.

По номограмме рисунка 27 определяем экспозицию T для $2s=2 \cdot 7=14$ мм. $T=24$ гр.экв. Ra^*min .

Определяем коэффициент K_f для $F_0=400$ мм. $K_f=300^2/400^2=0,5625$.

Для активности источника $M=2$ гр. экв. Ra время экспозиции $t_{эксп}=24 \cdot 0,5625 \cdot 1/2=6,75$ мин. При применении свинцовых усиливающих экранов время $t_{эксп}$ уменьшится вдвое и составит $t_{эксп}=6,75/2=3,375$ мин.

11. Эскиз схемы просвечивания.



1 - источник излучения, 2 - труба, 3 – кассета, 4 – сварной шов.

Пример №2. Исходные данные.

Кольцевой шов трубопровода с наружным диаметром 159 мм и толщиной стенки 7 мм.

Источник ионизирующего излучения – рентгеновский аппарат РУП-200-5-2.

Класс сварного соединения по ГОСТ 23055 — 2.

1. В виду значительных габаритов РУП-200-5-2, а трубопровод малого диаметра, выбираем схему просвечивания по рисунку 19.

2. Из рисунка 26 определяем класс рентгеновской пленки.

Для напряжения 160 кВ — I-й класс.

3. По таблице 7 выбираем способ зарядки пленок в кассеты с усиливающими экранами.



4. По таблице 6 выбираем толщину свинцовых экранов.

Для напряжения 200 кВ — 0,09 мм.

5. Выбираем класс чувствительности контроля.

Второму классу сварного соединения по ГОСТ 23055 соответствует II-й класс чувствительности контроля (см. п. 2.2.6 настоящих методических рекомендаций)

6. По таблице 8 для толщины основного металла 7 мм и II-го класса чувствительности контроля выбираем значение чувствительности контроля. **$K=0,20$ мм.**

7. Значение допустимой геометрической нерезкости U_g выбираем равной 50 % от значения чувствительности контроля K . **$U_g=0,5 \cdot K=0,5 \cdot 0,2=0,1$ мм.**

8. Для криволинейных сварных соединений минимальное значение f расстояния от источника до наиболее удаленной от пленки точки контролируемого участка определяется из соотношения f/Φ и значения b – расстояния от наиболее удаленной от кассеты с пленкой точки контролируемого участка до кассеты с пленкой.

Для РУП-200-5-2 — $\Phi=4$ мм (см. табл. 2 настоящих методических рекомендаций).

Значение b берется как сумма толщины основного металла 7 мм и величины выпуклости шва – 3 мм.

Из рис. 23 определяем, что для II-го класса чувствительности и $b=7+3=10$ мм отношение $f/\Phi=80$. Так как $\Phi=4$ мм выбираем минимальное значение $f_{\min}=80 \cdot 4=320$ мм.

С учетом того, что диаметр трубы больше f_{\min} выбираем фокусное расстояние F (расстояние от источника до кассеты с пленкой). **$F=330$ мм. Тогда $f=F-b=320$ мм.**

9. Определяем количество контролируемых участков N по номограмме рис. 24.

Зная $D/F=159/330=0,48$ и $s/D=7/159=0,044$ определяем $N=5$.

10. Экспозицию T при использовании РУП-200-5-2 определяем по номограмме рис. 28.

Для напряжения 160 кВ и $2s=2 \cdot 7=14$ мм. **$T=2,1$ мА*мин.**

Определяем коэффициент K_f для $F_0=75$ мм. **$K_f=330^2/75^2=19,36$.**

При $I=5$ мА время экспозиции **$t_{\text{эксп}}=K_f \cdot T/I=19,36 \cdot 2,1/5=8,13$ мин.**

При применении свинцовых усиливающих экранов время $t_{\text{эксп}}$ уменьшится вдвое и составит **$t_{\text{эксп}}=8,13/2=4,1$ мин.**

11. Эскиз схемы просвечивания такой же как в примере №1.

Список литературы

1 Денисов Л.С. Контроль и управление качеством сварочных работ: учеб. пособие для вузов /Л.С.Денисов.— Мн.: Вышэйшая школа, 2016. – 619 с.

2 Маслов, Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для вузов /Б. Г. Маслов.— М.: Академия, 2008. – 272 с.

3 Неразрушающий контроль. Кн.4. Контроль излучениями: Практ. пособие/ Б. Н. Епифанцев и др. под ред. В. В. Сухорукова — М.: Высш. шк., 1991. — 321 с.

4 СТБ 1428-2003. Соединения сварные трубопроводов и металлоконструкций. Радиографический метод. — Минск: БелГИСС, 2004. — 34 с.

5 СТБ ЕН1435-2004. Контроль неразрушающих сварных соединений. Радиографический метод.-Минск: БелГИСС, 2004. — 29 с.

6 ГОСТ 23055-78. Контроль неразрушающий. Сварка металлов плавлением. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля. М.: Госстандарт России, 1991. – 8 с.