

Сравнительный анализ рентгеновских изображений, полученных с помощью плоскопанельного детектора BePKUT-1012-120 и радиографической плёнки AGFA D4 (D5)

1. Введение

Рентгеновская пленка всё еще остаётся наиболее широко используемым в промышленности детектором рентгеновского излучения в силу следующих факторов: наличия достаточно отработанной нормативной базы (ГОСТы, методики и т.п.) по ее применению во всех отраслях промышленности; существующей инфраструктуры применения (фотолаборатории, оборудование, обученный персонал и т. п.). Однако объемы применения пленки с каждым годом уменьшаются в связи с развитием новых способов регистрации и преобразования рентгеновского излучения, прошедшего через объект контроля.

Одними из современных устройств регистрации рентгеновского излучения являются плоскопанельные детекторы. Рентгеновские плоскопанельные детекторы представляют собой высококачественные рентгеновские камеры, обладающие высокой пространственной разрешающей способностью и предназначенные для получения изображений в реальном времени в цифровой рентгенографии. Высокая чувствительность, высокое пространственное разрешение и низкий уровень шума позволяют получить изображение высокого качества. Кроме того, плоскопанельные детекторы возможно использовать в различных отраслях промышленности.

В работе была использована рентгеновская плёнка AGFA D4 и AGFA D5 и плоскопанельный детектор BePKUT-1012-120, технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики плоскопанельного детектора BePKUT-1012-120

Сцинтиллятор	CsI
Толщина сцинтиллятора, мкм	530
Формат матрицы	2048x2560
Размер активной зоны, см	24.43x30.72
Размер пикселя, мкм	120
Разрядность АЦП, бит	16
Частота кадров, к/с	1,7
Интерфейс	GigE
Энергетический диапазон, кэВ	20 -350
Разрешающая способность, пар линий/мм	4.16
Динамический диапазон, дБ	82
Энергопотребление, Вт	31.2
Диапазон рабочих температур, °С	-30-50 °С
Материал корпуса	Алюминий
Блок питания: - входное напряжение - выходное напряжение	100-240 В (частота 50/60 Гц) 24 В
Вес, кг	2.3



2. *Материалы, использованные для проведения сравнительного анализа:*

Стальная пластина толщиной 6мм, 16мм, 26мм;

Стальной проволочный эталон №2.

3. *Обозначения и сокращения*

На снимках обозначения располагаются в таком порядке:

H/U/I/T/F/D4/D, где

H – толщина стального образца, мм;

U – напряжение на рентгеновском источнике, кВ;

I – сила тока на рентгеновском источнике, мА;

T – время экспозиции, сек;

F – фокусное расстояние, мм;

D4 (D5) – тип используемой плёнки;

D – оптическая плотность плёнки.

4. *Результаты проведения сравнительного анализа при использовании стальной пластины толщиной 6 мм.*

4.1. *Изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки (рис. 1).*

Параметры рентгеновского источника: U=110 кВ; I=2,0 мА.

Время экспозиции – 156 секунд;

Фокусное расстояние – 300 мм;

Оптическая плотность – 2.7;

Плёнка – AGFA D4.

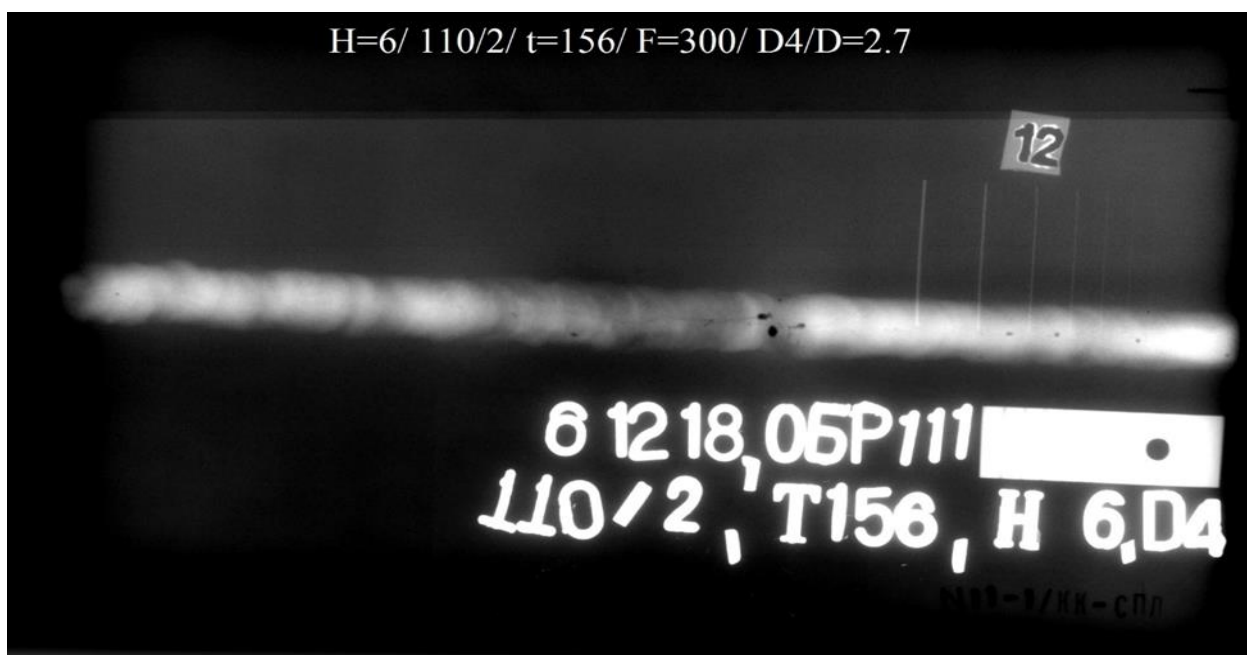


Рисунок 1 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

4.2. Изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки (рис.2).

Параметры рентгеновского источника: $U=110$ кВ; $I=2,0$ мА.

Время экспозиции – 95 секунд;

Фокусное расстояние – 300 мм;

Оптическая плотность – 1.6;

Плёнка – AGFA D4.



Рисунок 2 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

4.3. Изображение, полученное с помощью плоскпанельного детектора (рис. 3).

Параметры рентгеновского источника: $U=110$ кВ; $I=2,0$ мА.

Время экспозиции - 9 секунд.

Фокусное расстояние - 500мм.

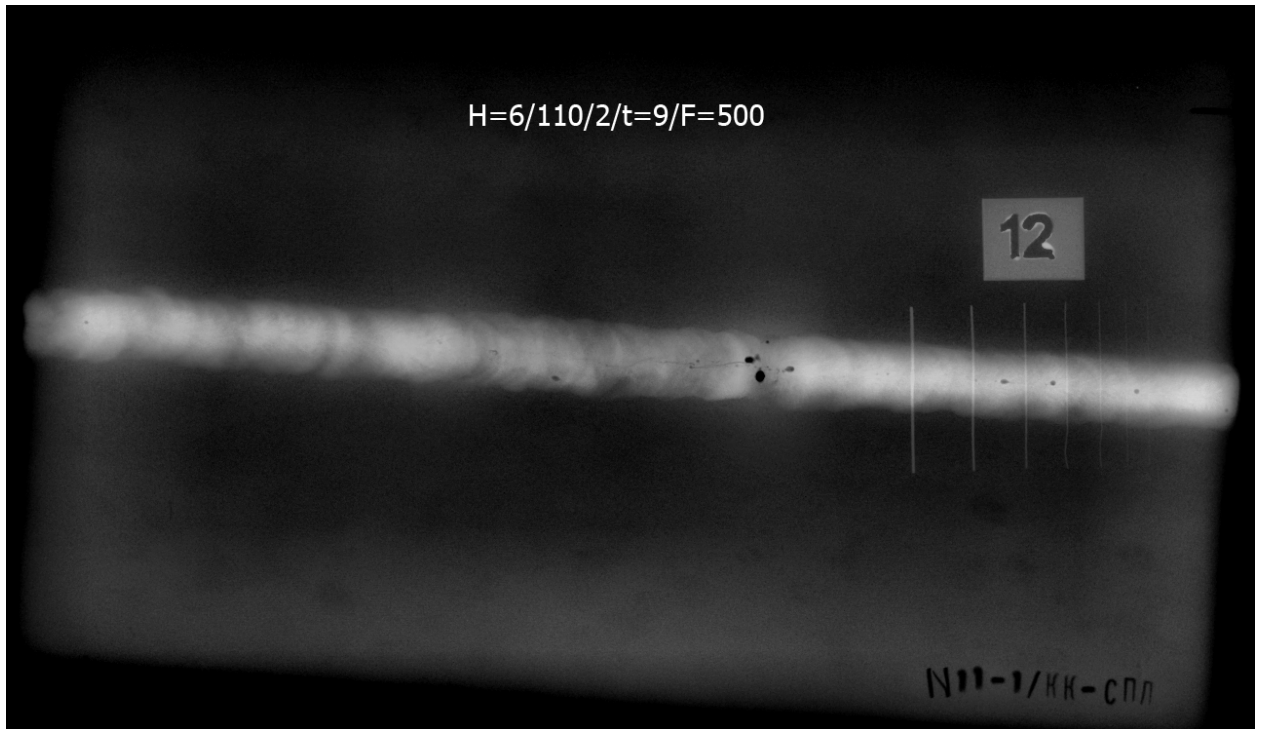


Рисунок 3 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью плоскопанельного детектора

5. Результаты проведения сравнительного анализа при использовании стальной пластины толщиной 16 мм.

5.1. Изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки (рис.4).

Параметры рентгеновского источника $U=150$ кВ; $I=1,8$ мА.

Время экспозиции - 312 секунд;

Фокусное расстояние - 300 мм;

Оптическая плотность плёнки - 2.7;

Плёнка AGFA D4.



Рисунок 4 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

5.2. Изображение, полученное с помощью плоскопанельного детектора (рис.5).

Параметры рентгеновского источника $U=150$ кВ; $I=2,0$ мА.

Время экспозиции - 18 секунд;

Фокусное расстояние - 500мм.

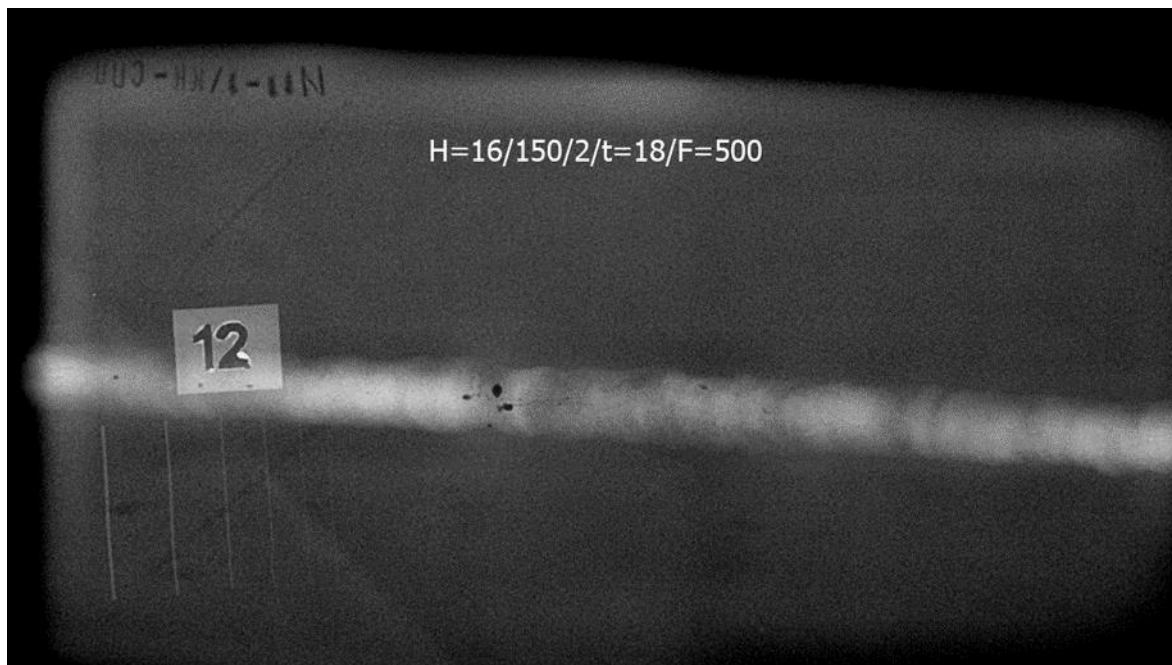


Рисунок 5 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью плоскопанельного детектора

5.3. Изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки (рис.6).

Параметры рентгеновского источника $U=150$ кВ; $I=1,8$ мА.

Время экспозиции - 150 секунд;

Фокусное расстояние - 300 мм;

Оптическая плотность плёнки - 1.2;

Плёнка - AGFA D4.



Рисунок 6 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

5.4. Изображение, полученное с помощью плоскопанельного детектора (рис.7).

Параметры рентгеновского источника $U=130$ кВ; $I=2,3$ мА.

Время экспозиции 6 секунд.

Фокусное расстояние 500мм.

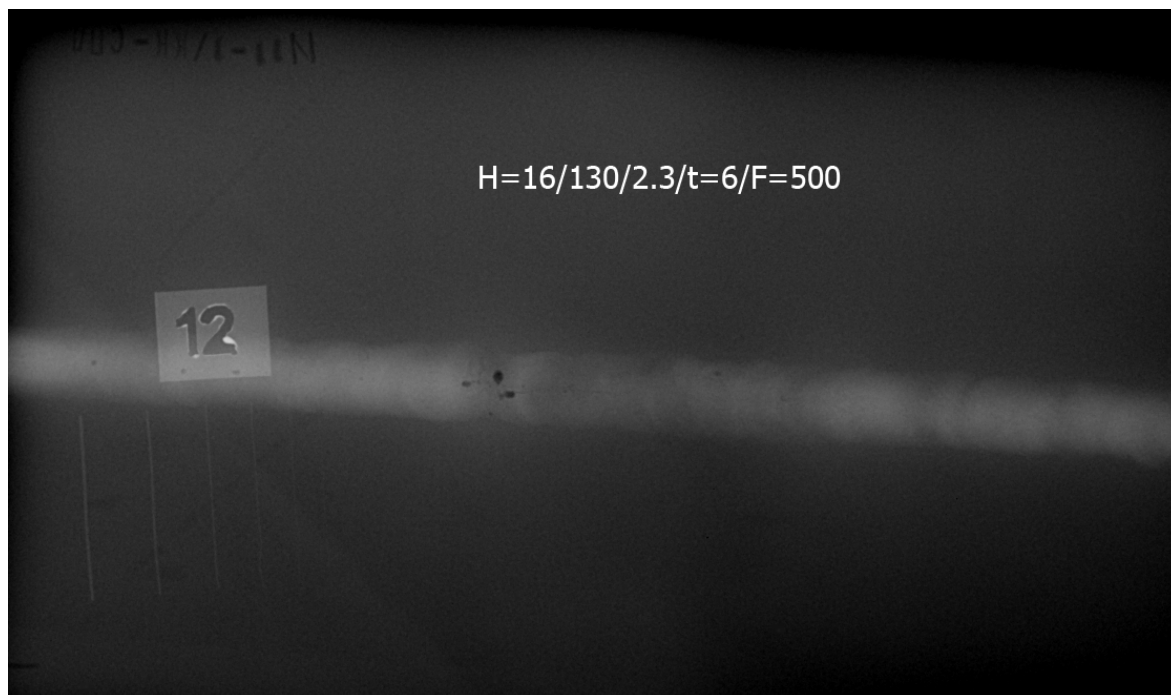


Рисунок 7 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью плоскопанельного детектора

6. Результаты проведения сравнительного анализа при использовании стальной пластины толщиной 26 мм.

6.1.Изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки (рис.8).

Параметры рентгеновского источника $U=200$ кВ; $I=1,5$ мА.

Время экспозиции - 270 секунд.

Фокусное расстояние - 300 мм.

Оптическая плотность плёнки - 2.9.

Плёнка - AGFA D4.

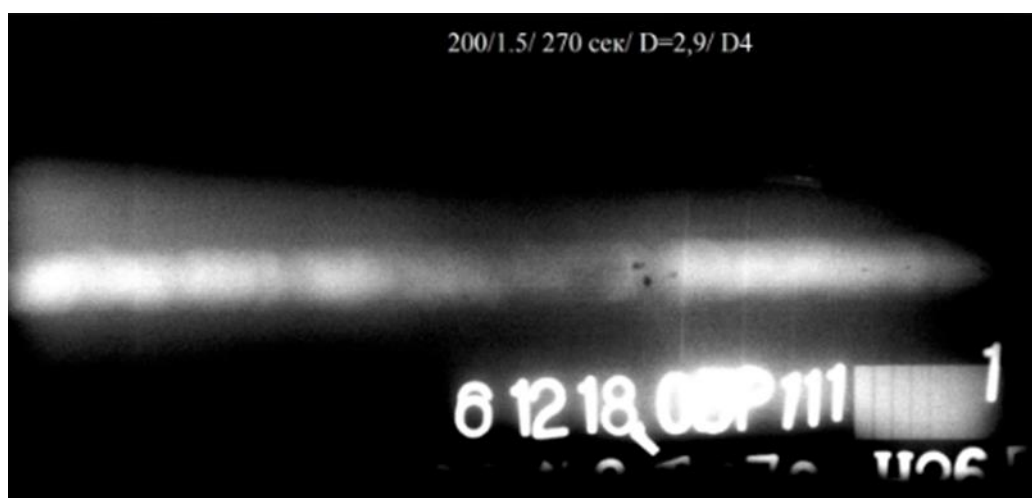


Рисунок 8 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

6.2. Изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки (рис.9).

Параметры рентгеновского источника $U=150$ кВ; $I=1,8$ мА.

Время экспозиции - 1300 секунд (≈ 22 минуты).

Фокусное расстояние - 300 мм.

Оптическая плотность плёнки - 2.9.

Плёнка - AGFA D4.

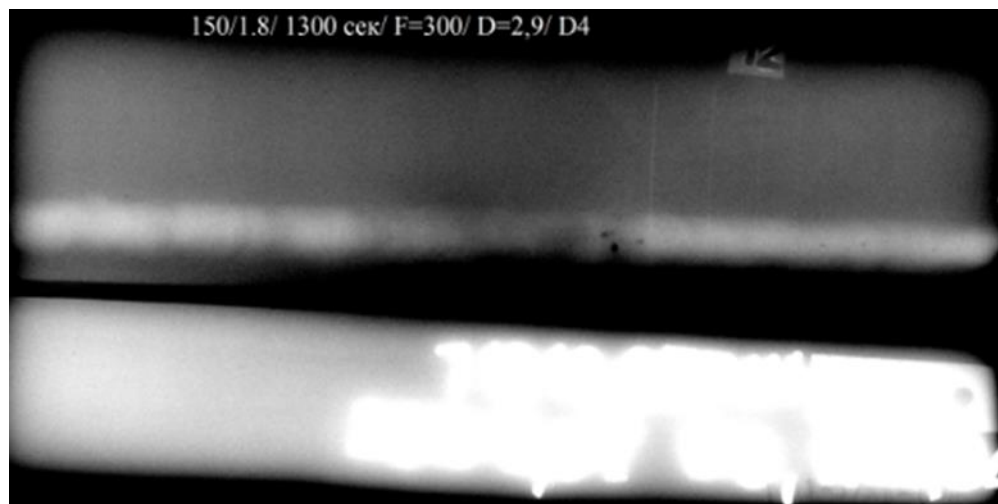


Рисунок 9 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

6.3. Изображение, полученное с помощью плёнки (рис.10).

Параметры рентгеновского источника $U=200$ кВ; $I=1,5$ мА.

Время экспозиции - 1300 секунд (≈ 22 минуты).

Фокусное расстояние - 300 мм.

Оптическая плотность плёнки - 2.9.

Плёнка - AGFA D5.

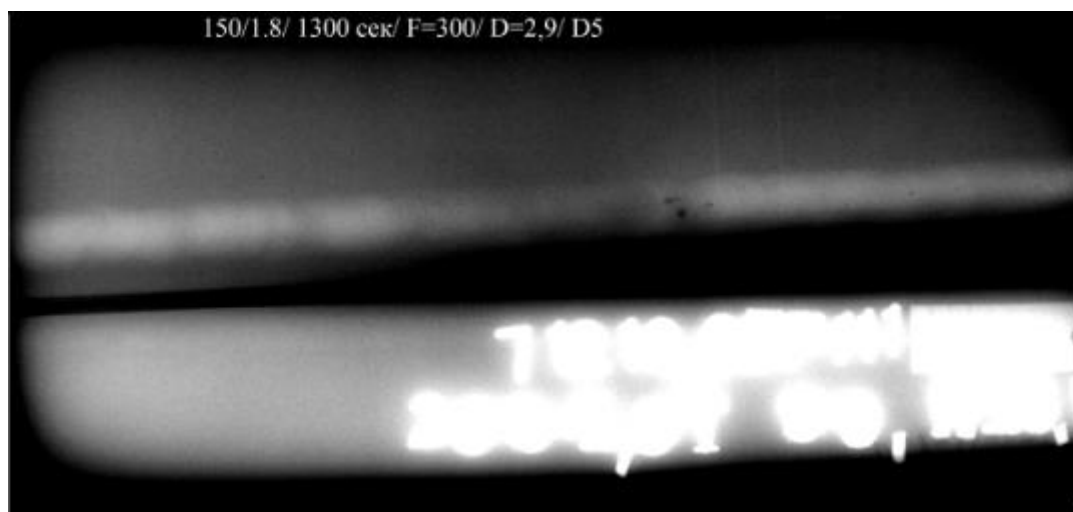


Рисунок 10 – Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью рентгеновской плёнки

6.4. Изображение, полученное с помощью плоскочувствительного детектора (рис.11).

Параметры рентгеновского источника $U=150$ кВ; $I=1,9$ мА.

Время экспозиции - 30 секунд;

Фокусное расстояние - 500мм.

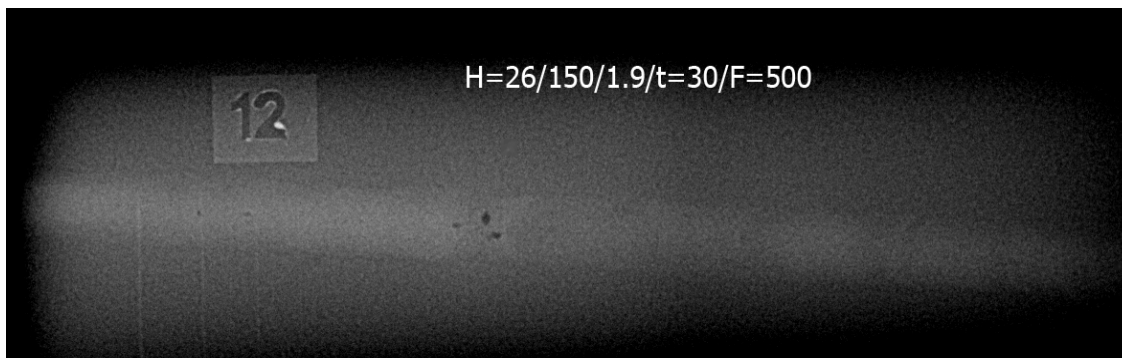


Рис.11. Рентгеновское изображение стальной пластины, полученное с помощью плоскопанельного детектора

При сравнении изображений стальной пластины толщиной 26 мм видно, что изображение, полученное с помощью рентгеновской плёнки, более высокого качества, чем изображение, полученное с помощью плоскопанельного детектора. Это связано с тем, что время засвечивания плёнки было дольше в 9 раз в первом случае и в 43 раза в остальных. Очевидно, что, увеличивая параметры рентгеновского источника (ток, напряжение), получилось бы более контрастное изображение.

7. Заключение

Вашему вниманию были представлены рентгеновские изображения, полученные с помощью рентгеновской плёнки и плоскопанельного детектора. Параметры рентгеновского источника (ток и напряжение) были одинаковыми.

Разность заключалась в фокусном расстоянии между рентгеновским источником и детектирующим устройством. При использовании рентгеновской плёнки фокусное расстояние в 1,7 раза меньше, чем при использовании плоскопанельного детектора.

Как известно, увеличение фокусного расстояния позволяет уменьшить нерезкость изображения, однако, при этом снижается интенсивность излучения и увеличивается время экспозиции.

В случае, если фокусное расстояние было бы одинаковым (500 мм), то исходя из того, что величина экспозиции пропорциональна квадрату фокусного расстояния, следует, что при увеличении фокусного расстояния в 1,7 раза величина экспозиции рентгеновской плёнки увеличится в 3 раза.

Работа с плоскопанельным детектором представляется более удобной и универсальной. Высокая чувствительность и малый уровень шума плоскопанельных детекторов позволяет получать изображение высокого качества при коротких экспозициях.

Все изображения, полученные с помощью плоскопанельного детектора, соответствуют В классу качества контроля в соответствии с ГОСТ ISO 17636-2-2017:

- Для стали толщиной 6 мм чувствительность должна быть не хуже 0,2 мм. На изображении виден проволочный эталон толщиной 0,1 мм.
- Для стали толщиной 16 мм чувствительность должна быть не хуже 0,3 мм. На изображении виден проволочный эталон толщиной 0,125 мм.
- Для стали толщиной 26 мм чувствительность должна быть не хуже 0,4 мм. На изображении виден проволочный эталон толщиной 0,25 мм.

Очевидно, что класс В качества контроля достигается за несколько секунд.