

Прямая цифровая радиография



Достоинства

- + Без расходных материалов и фотокомнат
- + Длительный срок службы (8–10 лет)
- + Экономическая эффективность
- + Мгновенное получение изображений, контроль в режиме реального времени
- + Малое время экспозиции (5 сек. и менее)
- + Большой выбор моделей под разные задачи и бюджет
- + Применяется в системах с полной или частичной автоматизацией
- + Неограниченное число экспозиций
- + Структурирование и хранение изображений в цифровом виде

Недостатки

- Требуется начальных капиталовложений
- Типовые размеры детекторов от производителя
- Длительный срок окупаемости при малых объемах работ

Что это такое?

Плоскопанельный цифровой детектор — электронное устройство, преобразующее ионизирующую или проникающую радиацию в дискретный набор аналоговых сигналов, которые последовательно оцифровываются и передаются на компьютер как цифровое изображение.

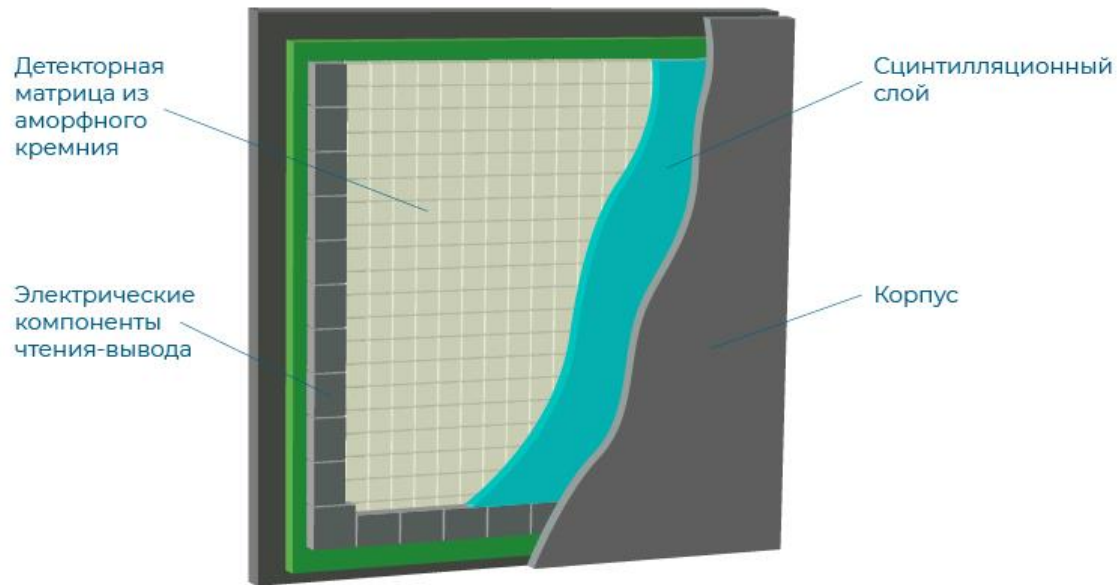
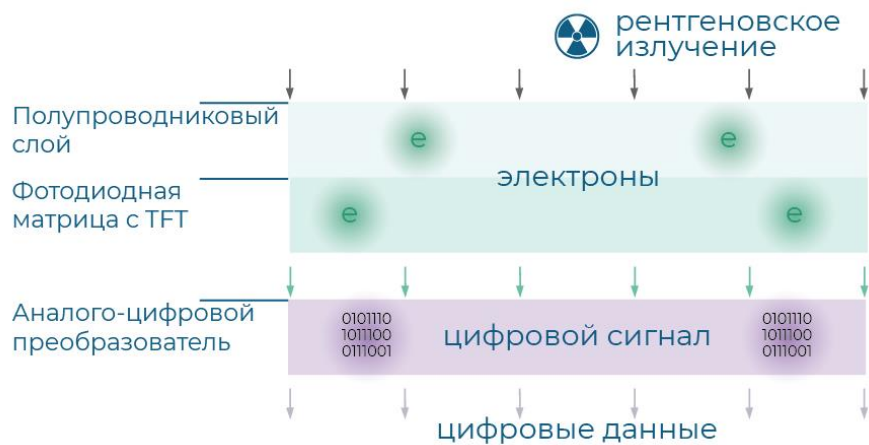


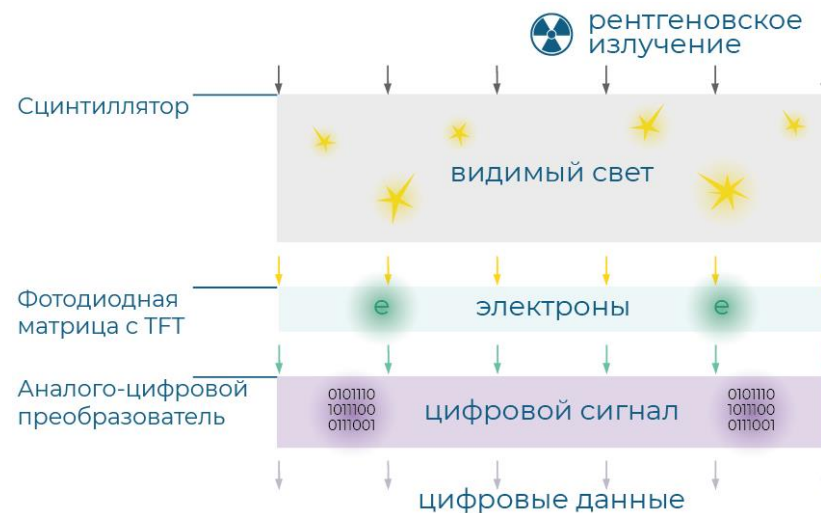
Рис. 1. Схема устройства плоскопанельного детектора

Разновидности детекторов. Преобразование сигнала

Прямое преобразование



Непрямое преобразование



Разновидности детекторов. Детекторы прямого преобразования

Плоскопанельные детекторы на основе аморфных полупроводников (аморфный селен и др.)



- ✓ Матрица тонкопленочных транзисторов покрывается слоем аморфного селена (a-Se), благодаря чему рентгеновское излучение сразу преобразуется в электрический сигнал.
- ✓ Изображению по качеству сравнимо со среднезернистой радиографической пленкой.
- ✓ Максимально допустимая энергия излучения — 180 кэВ.
- ✓ Довольно узкий диапазон рабочих температур (+5...+30 °С).
- ✓ Применяются только в стационарных условиях.

Разновидности детекторов. Детекторы прямого преобразования

Плоскопанельные детекторы на основе монокристаллических (или поликристаллических) полупроводников (теллурид кадмия и др.)



- ✓ Детекторы на основе теллурида кадмия (CdTe) имеют малый размер пикселя и хорошее соотношение сигнал/шум. Позволяют получать изображение в широком динамическом диапазоне и проводить сканирование изделия.
- ✓ Большая чувствительность.
- ✓ Более широкий диапазон энергий излучения — до 300 кэВ.
- ✓ Более широкий диапазон рабочих температур.
- ✓ Ограниченная рабочая область.
- ✓ Нет возможности длительного накопления излучения.

Разновидности детекторов. Детекторы непрямого преобразования

Плоскопанельные детекторы на основе сцинтилляторов:

- оксисульфид гадолиния, легированный тербием ($Gd_2O_2S:Tb$)
- йодид цезия, легированный таллием ($CsI:Tl$)
- другие с различными добавками



- ✓ Чувствительность (поглощающая способность) детектора зависит от толщины и размеров зерна сцинтиллятора.
- ✓ При увеличении толщины сцинтиллятора растет рассеяние света и ухудшается разрешающая способность детектора.
- ✓ Высокая радиационная стойкость.
- ✓ Бюджетная цена.
- ✓ Мобильность (специализированные модели применяются в полевых условиях).

Разновидности детекторов.

Статические детекторы и их особенности

Статическими называют детекторы, способные принимать и накапливать рентгеновское излучение в течение определенного времени, причем новый цикл накопления можно начать только после завершения предыдущего вручную.



Рис. 1. Статический детектор, входящий в комплекс Экоскан 35



Рис. 2. Комплекс цифровой радиографии Экоскан 35

Разновидности детекторов. Статические детекторы и их особенности

- Накопление излучения
- Области применения
- Особенности исполнения
- Питание



Рис. 1. Статический детектор Экоскан 10 с установленной ручкой



Рис. 2. Статические детекторы Экоскан 10, Экоскан 25 и Экоскан 40

Примеры использования статических детекторов в стационарных условиях

Статический детектор Экоскан 25 входит в состав автоматизированного комплекса Арион-15ЦР, разработанного по заказу центра аттестации сварщиков. Комплекс предназначен для контроля кольцевых сварных швов обечаек методом прямой цифровой радиографии.

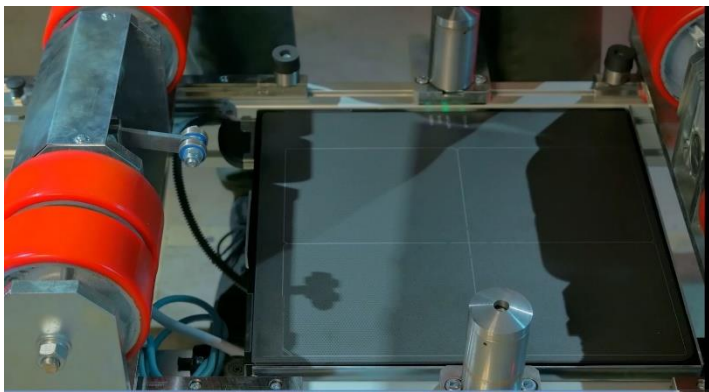


Рис. 1. Статический детектор Экоскан 25, входящий в автоматизированный комплекс Арион-15ЦР



Рис. 2. Автоматизированный комплекс Арион-15ЦР

Примеры использования статических детекторов детекторов в стационарных условиях

В рентгенографической установке СУРА 10-47 ШТ для контроля сварных соединений штрипс-ленты используется статический детектор, встроенный в крышку рентгенозащитной камеры).



Рис. 1. Статический детектор Экоскан 1030, встроенный в рентгенографическую установку СУРА 10-47 ШТ



Рис. 2. Рентгенографическая установка СУРА 10-47 ШТ

Разновидности детекторов. Динамические детекторы и их особенности

Динамическими называют детекторы, способные получать и впоследствии воспроизводить изображения в «реальном времени» (видеорежиме) в среднем от 5 до 50 кадров в секунду.



Рис. 1. Динамический детектор Экоскан 2532



Рис. 2. Комплекс с динамическим детектором Экоскан 2532

Разновидности детекторов. Динамические детекторы и их особенности

- Позиционирование объекта контроля без доступа в КРЗ
- Томография (3D-моделирование)
- Быстрая диагностика
- Работа с высокими энергиями

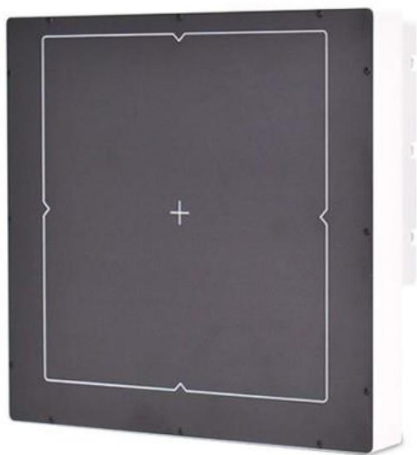


Рис. 1. Динамический детектор Экоскан 1515



Рис. 2. Динамический детектор Экоскан 2121

Примеры использования динамических детекторов

Статический детектор Экоскан 2323Д входит в состав рентгенотелевизионной системы «Сура 60-94 160 кВ», предназначенной для неразрушающего контроля литых колесных дисков массой до 50 кг.



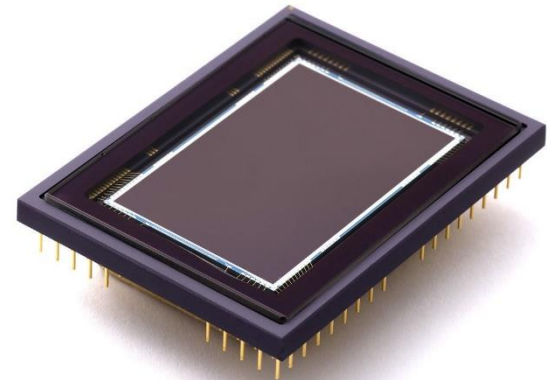
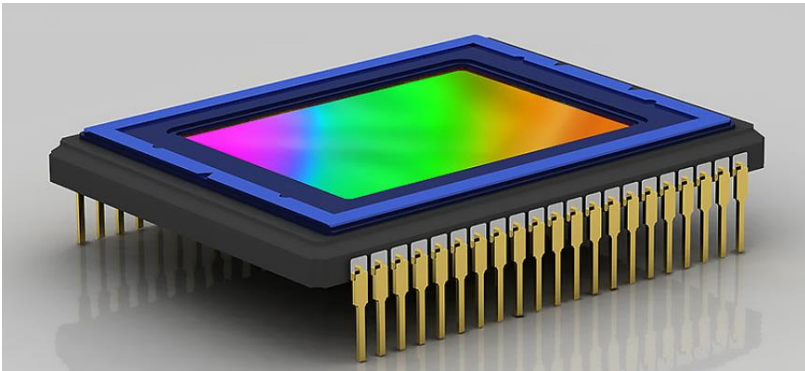
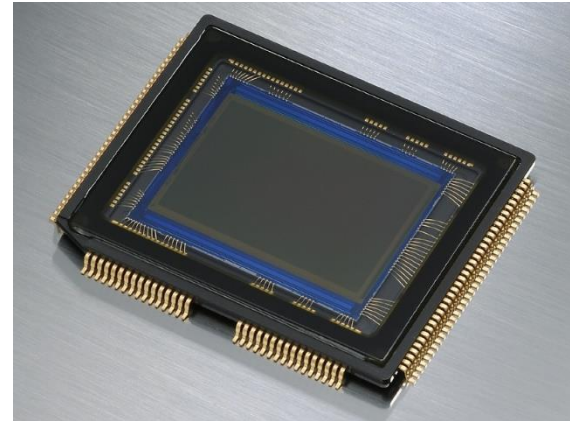
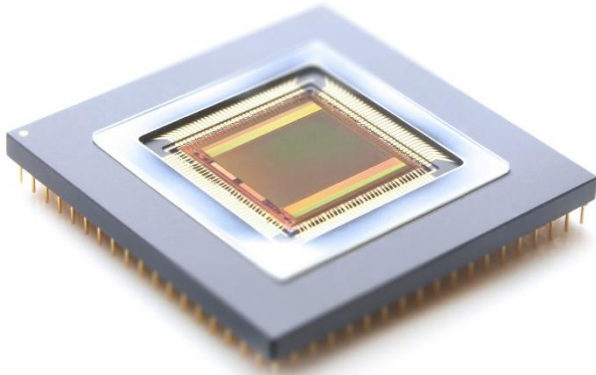
Рис. 1. Динамический детектор Экоскан 2323Д, входящий в состав рентгенотелевизионной системы «Сура 60-94 160 кВ»



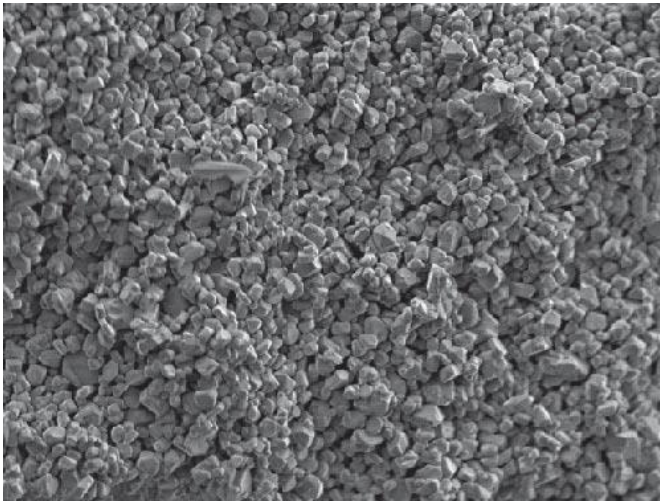
Рис. 2. Рентгенотелевизионная система «Сура 60-94 160 кВ»

Разновидности технологий матриц

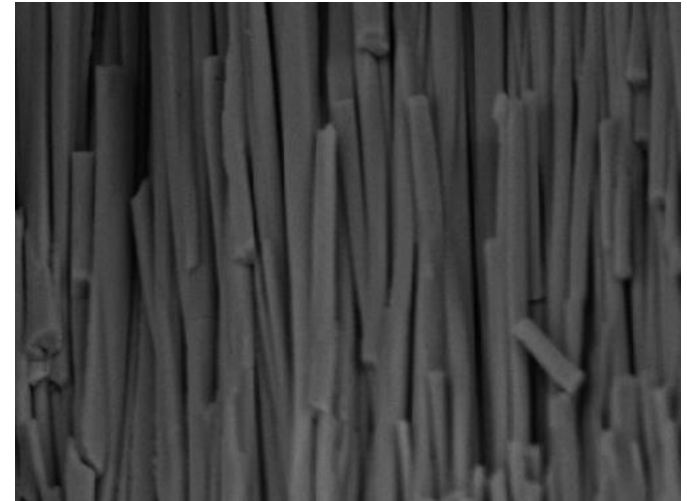
- TFT. Средние размеры активной зоны — до 43 см, шаг пикселя — до 75 мкм.
- CMOS. Средние размеры активной зоны — до 25 см, шаг пикселя — до 49,5 мкм.
- ПЗС. Средние размеры активной зоны — 1–4 см, шаг пикселя — 1–10 мкм.



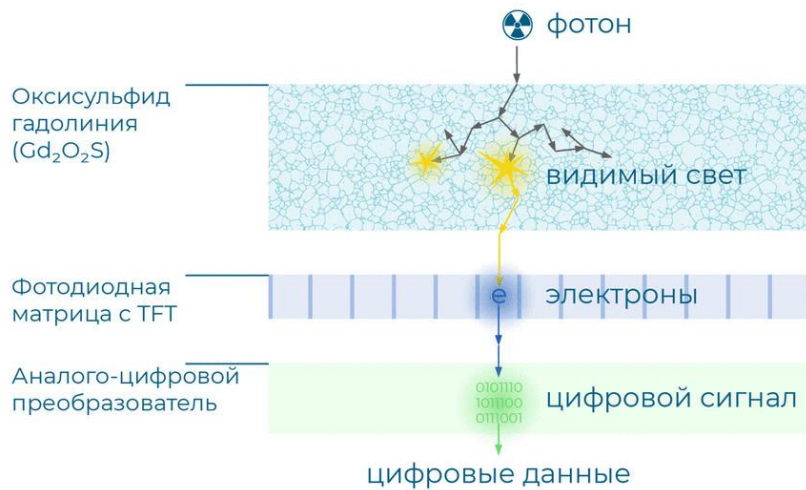
Принцип работы сцинтилляторов



Структура Gd_2O_2S

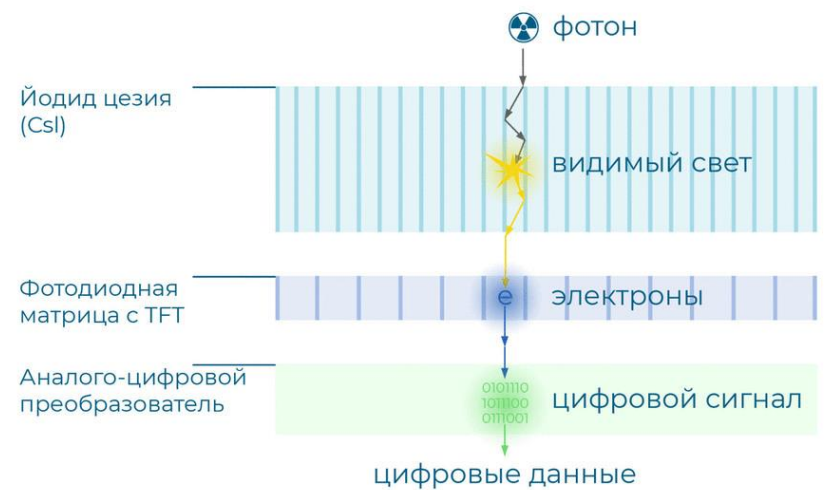


Структура CsI



www.xrs.ru

Схема преобразования Gd_2O_2S



www.xrs.ru

Схема преобразования CsI

Настройка и калибровка ППД

Калибровки служат инструментом для оптимизации качества получаемого изображения.

- Калибровка по темновому току (смещению)
- Калибровка по усилению
- Калибровка по битым пикселям

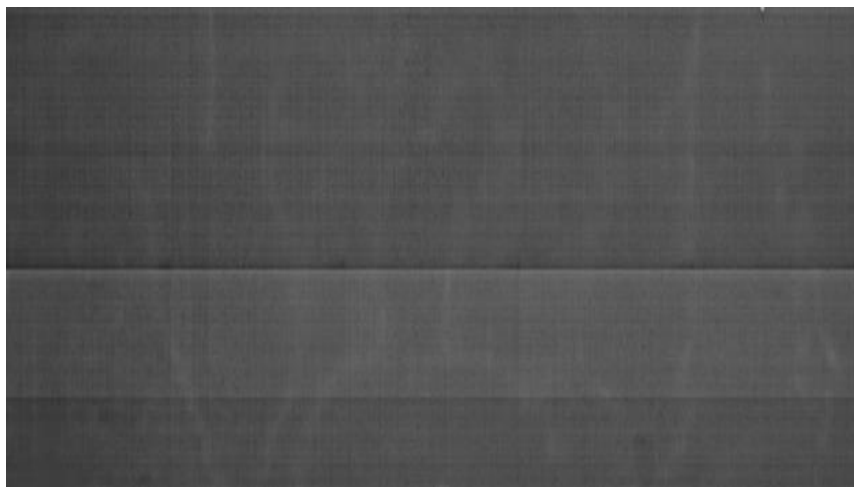


Рис. 1. Пример изображения с некорректной калибровкой

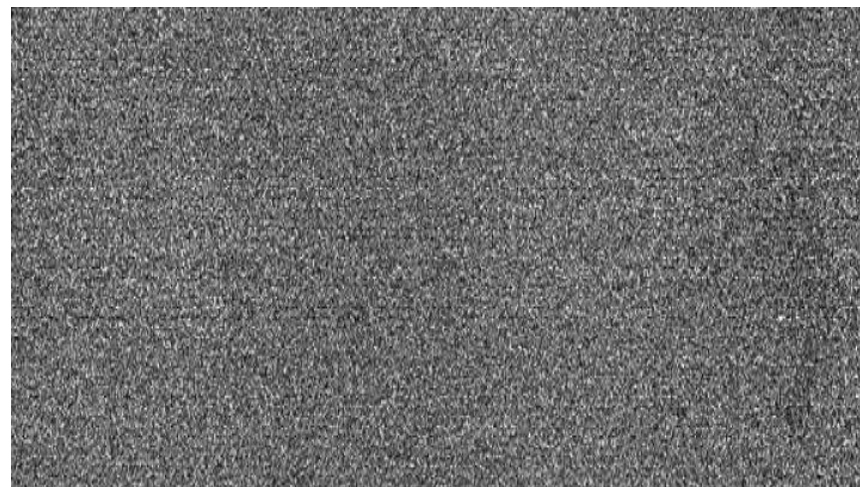


Рис. 2. Пример изображения с корректной калибровкой

Основные параметры измерений. Базовое пространственное разрешение (SRb)

Для измерения базового пространственного разрешения детектора используются эталоны чувствительности Duplex.



Рис. 1. Эталон чувствительности Duplex от Kowotest



Рис. 2. Эталон чувствительности Duplex от Kowotest с позиционирующей скобой

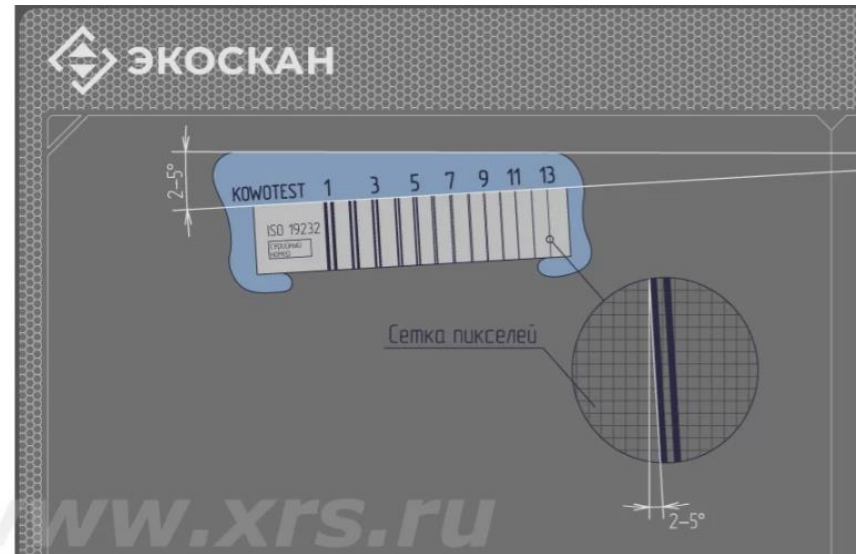
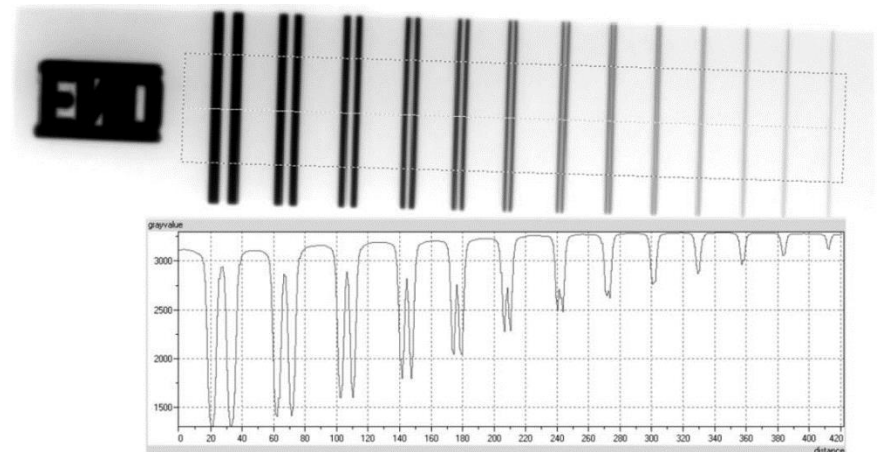


Рис. 2. Эталон чувствительности Duplex от Kowotest на детекторе



Основные параметры измерений.

Чувствительность контроля

Для измерения чувствительности контроля (контрастная чувствительность) используются проволочные эталоны чувствительности по ГОСТ 7512–82 и ISO 19232–1.



Рис. 1. Эталон чувствительности по ГОСТ 7512-82



Рис. 2. Эталон чувствительности по ISO 19232-1

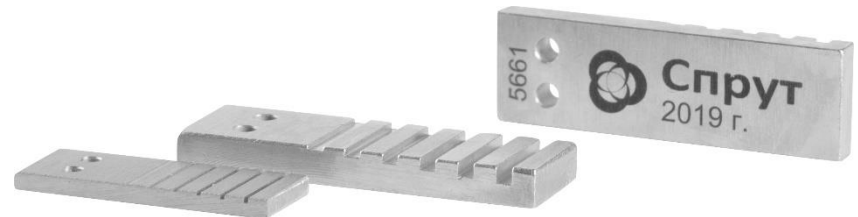
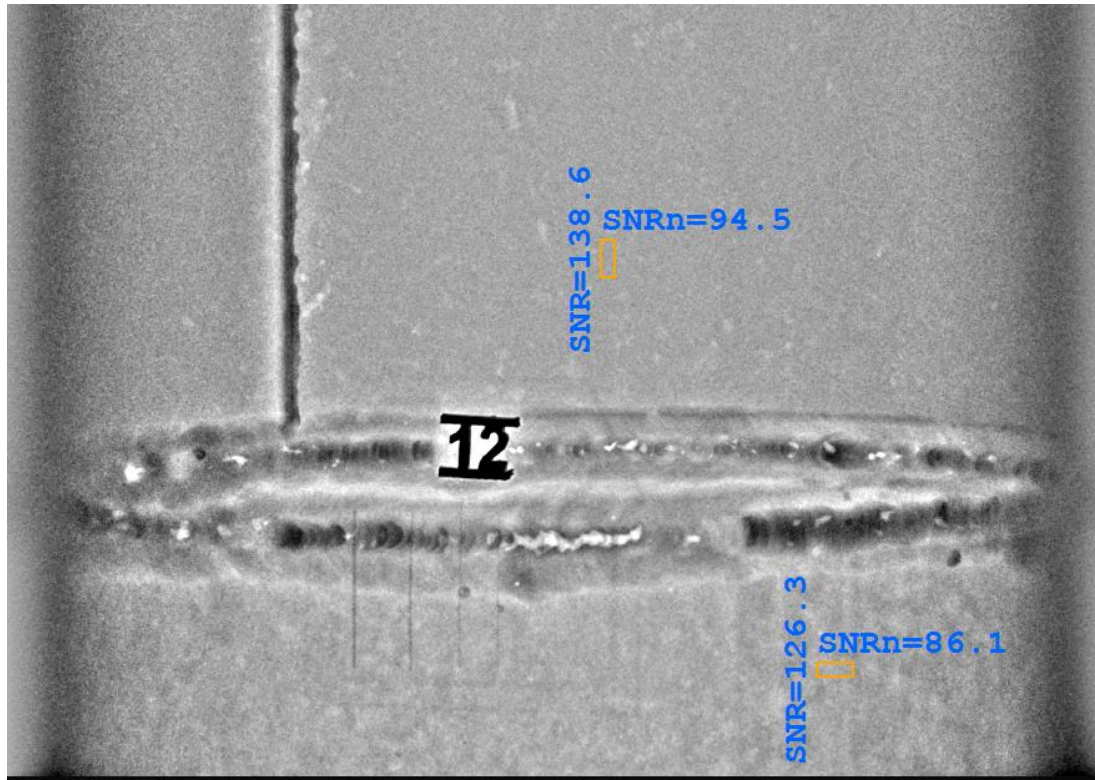


Рис. 2. Эталон чувствительности канавочные по ГОСТ 7512-82

Основные параметры измерений Сигнал-шум (SNR)

- Отношение сигнал-шум (SNR)
- Нормализованное отношение сигнал-шум (SNR_N)

$$SNR_{\text{нормализованное}} = SNR_{\text{измеренное}} \frac{88,6}{SR_b}$$



Фильтры

В качестве фильтров используются стальные, медные или алюминиевые пластины небольших размеров. Фильтры устанавливаются на выход излучения источника при проведении калибровок по усилению, битым пикселям, а также при измерении БПР детектора.



Программное обеспечение (ПО)

Назначение

При работе с детектором ПО является инструментом для получения и обработки изображений, а также архивирования и структурирования массива данных за все время работы с комплексом.

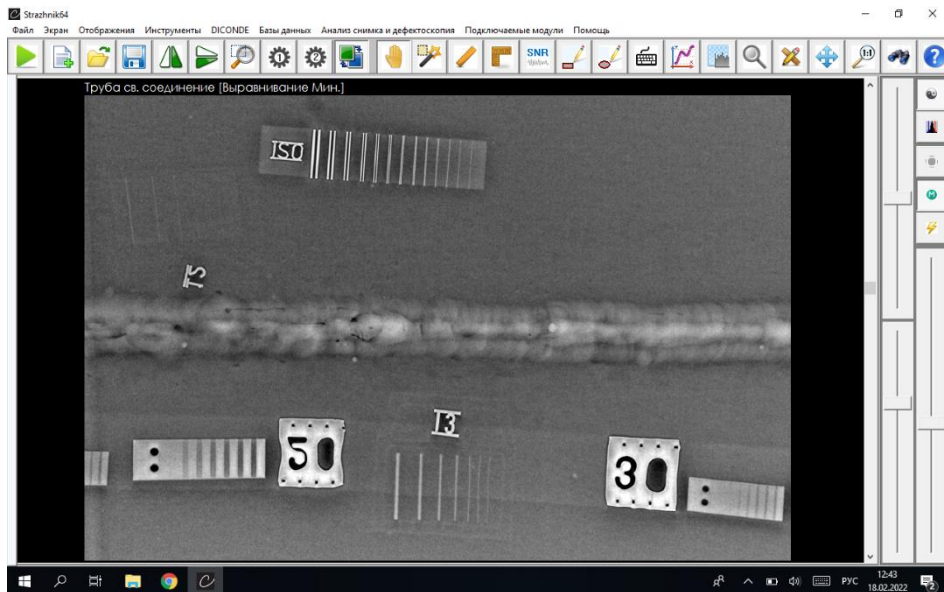


Рис. 1. Программное обеспечение «Стражник»

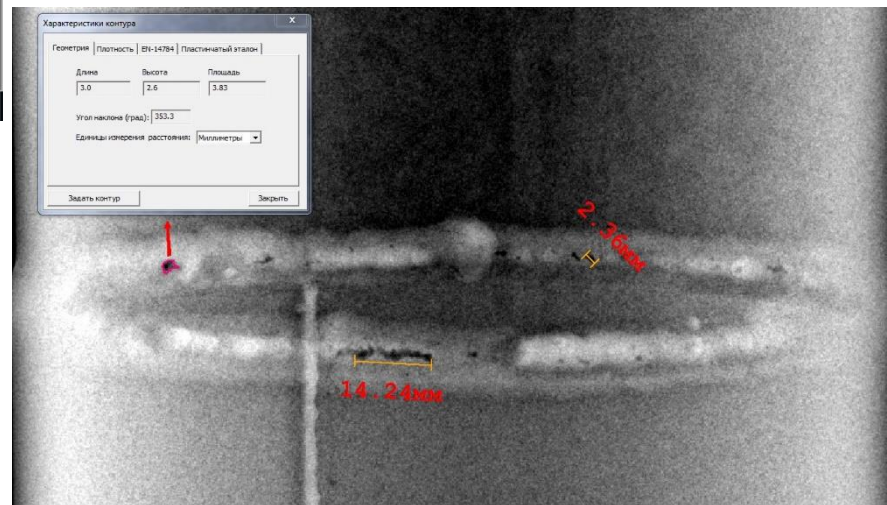


Рис. 2. Замер дефекта

Оснастка

Наша компания занимается разработкой дополнительной оснастки для статических мобильных детекторов: защитных кожухов и устройств позиционирования.

Кожух защитный универсальный ЭКО-10У

Используется для дополнительной защиты детектора. Изготовлен из эластичного материала, демпфирующего возможные удары при размещении детектирующего блока на объекте контроля. Позволяет осуществлять замену аккумуляторов без снятия кожуха с детектора.



Рис. 1. Кожух защитный универсальный ЭКО-10У

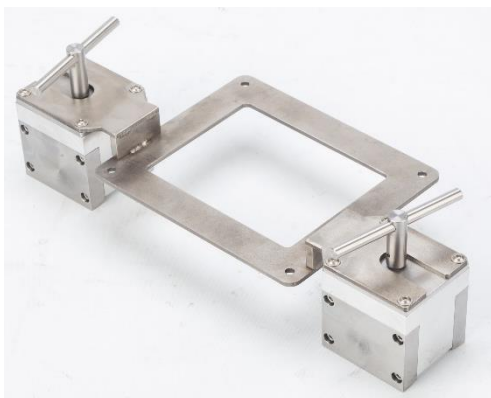


Рис. 2. Кожух защитный с установленным детектором Экоскан 10

Оснастка

Магнитные держатели ЭКО-10МД

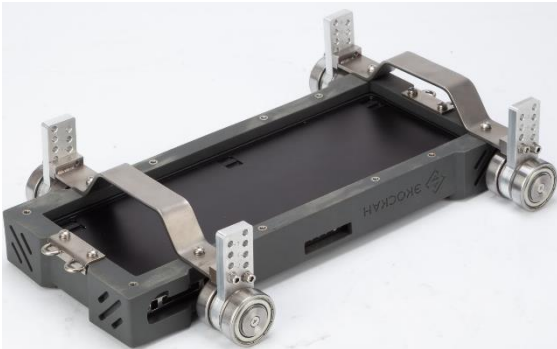
Используются для крепления плоскочастичного цифрового детектора Экоскан 10 в защитном кожухе ЭКО-10У на объектах из магнитных металлов. Позволяют позиционировать детектор за счет выключаемых магнитных систем, не требующих усилия при смене положения детектора на объекте контроля.



Оснастка

Магнитные колеса ЭКО-10МК

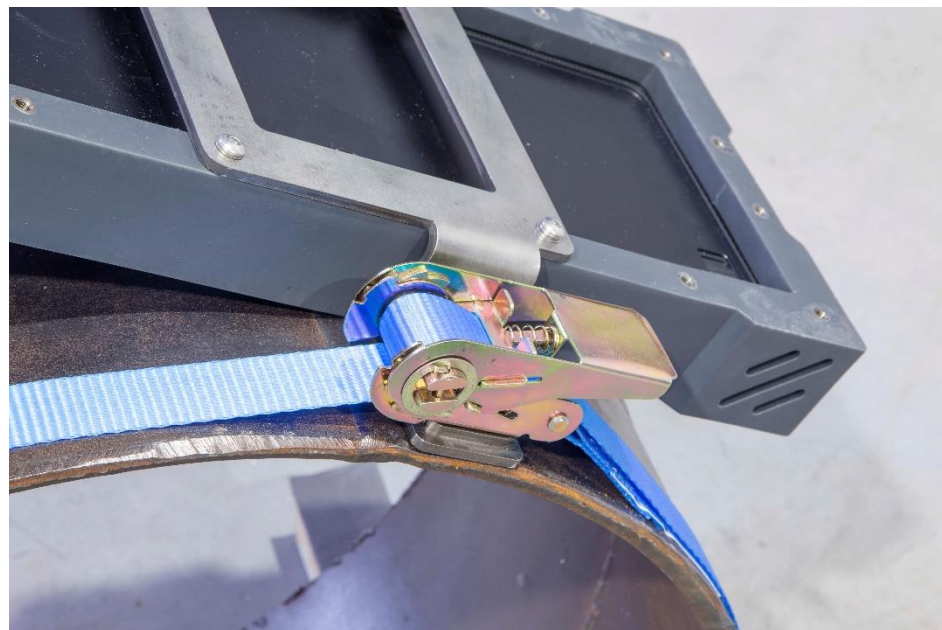
Используются для позиционирования детектора Экоскан 10 в защитном кожухе ЭКО-10У на трубах диаметром от 219 мм и плоских поверхностях объектов контроля из ферромагнитных сталей. Детектор удерживается на поверхности объекта контроля за счет магнитных колес, дополнительный магнит выполняет функцию якоря и исключает скатывание приспособления с наклонной поверхности.



Оснастка

Ременное крепление ЭКО-10РК

Предназначено для позиционирования плоскопанельного цифрового детектора Экоскан 10 в защитном кожухе ЭКО-10У на объектах из немагнитных материалов. Детектор крепится к объекту контроля с помощью строп с быстрозажимным механизмом. Позволяет контролировать трубы без снятия и повреждения изоляции.



Оснастка

Приспособление Паук-3М/ЭКО-10У

Предназначено для позиционирования детектора Экоскан 10 в защитном кожухе ЭКО-10У как на плоских поверхностях, так и на объектах контроля цилиндрической формы (трубах) диаметром от 50 мм, в том числе во внутреннем пространстве труб диаметром от 300 мм.



Оснастка

Штатив ШРТ-1М/ЭКО-10У

Предназначен для крепления и позиционирования детектора Экоскан 10 в защитном кожухе ЭКО-10У на трубах или других объектах контроля цилиндрической формы диаметром от 40 до 1500 мм. Удобен при контроле не только сварных соединений, но и околошовной зоны на признаки коррозии, т. к. легко устанавливается в любой плоскости.

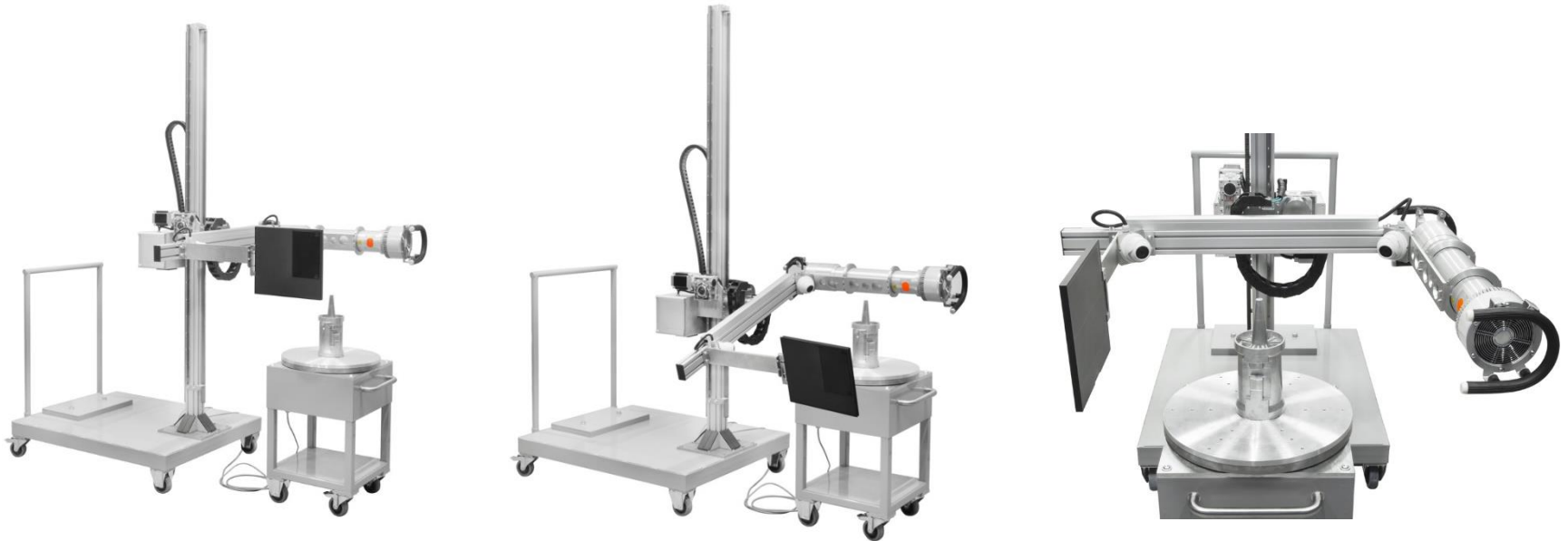


Оснастка

Штатив-манипулятор АРИОН ШМ ЭКО-1

Штатив-манипулятор АРИОН ШМ ЭКО-1 предназначен для позиционирования системы «рентгеновский аппарат — цифровой детектор» относительно объекта контроля при проведении работ в стационарных условиях.

Штатив-манипулятор АРИОН ШМ ЭКО-1 входит в состав мобильного комплекса цифровой радиологии Сура ЭКО. В комплекс также входят плоскочувствительный детектор Экоскан, источник рентгеновского излучения, поворотный стол АРИОН СП ЭКО-1 и управляющий компьютер.



Полезная литература

Нормативная документация:

- **ГОСТ ISO 17636-2** Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением цифровых детекторов
- **ГОСТ ISO 10893-7-2021** Трубы стальные бесшовные и сварные. Часть 7. Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов

Методическая документация:

- **ASTM E2597-07** Стандартная методика определения производственных параметров матричных цифровых детекторов
- **ASTM E2698-18** Стандартная методика радиографического контроля с использованием матричных цифровых детекторов
- **ASTM E2737-10** Стандартная методика оценки функционирования и обеспечения долговременной стабильности матричных цифровых детекторов
- **ASTM E2445-05** Стандартные методические указания по определению функциональной пригодности и долговременной стабильности систем компьютерного радиационного контроля