

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ РАДИОГРАФИИ (RTC)

*Н.П. Казеннов, А.В. Павлий, М.В. Юрьев
НПФ «Диагностические приборы», г. Киев*

Наша компания уже более 10 лет поставляет на рынок Украины системы компьютерной и цифровой радиологии. Любая схема радиационного контроля предполагает наличие источника ионизирующего излучения, исследуемого объекта и носителя информации (рентгеновская пленка, фосфорные пластины, полупроводниковые индикаторные панели, и т.д.). В настоящее время существует три основных вида радиационного контроля, используемых для неразрушающего контроля и технической диагностики в промышленности:

1) RTF – пленочная технология, (аналоговый сигнал), классический метод, использующий экспозицию на рентгеновскую пленку с последующей химической обработкой реактивами находящимися в жидкой фазе;

2) RTC – компьютерная радиология, использующая в качестве промежуточного носителя аналогового сигнала многоразовые фосфорные пластины. Получение цифрового сигнала осуществляется на выходе специального сканирующего устройства;

3) RTD – цифровая радиология, при которой цифровой сигнал формируется непосредственно на детекторной панели.

ПЕРВОЕ ПОКОЛЕНИЕ RTC – система типа «ФОСФОМАТИК-21», адаптированная компьютерная система цифровой радиологии, изначально применяемая в медицине катастроф. Например, OREX (барабанная загрузка, крепление фосфорной пластины в сканере на люверсах, большая вибрация, постоянный изгиб фосфорной пластины. Максимальный размер фосфорной пластины Flex –HR (GP) 200 x 297 мм. Программное обеспечение с простейшими фильтрами.



Рис. 1 - Компьютерная система цифровой радиологии

ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ RTC – система KODAK ACR 2000i. Вертикальная загрузка и горизонтальная выгрузка фосфорной пластины. Отсутствие неподрессоренных вращающихся частей. Максимальный размер фосфорной пластины типа GP,HR, XL BLUE 300x400 мм. Монитор высокого разрешения. Наличие медицинского аналога сканера. Люминесцентные лампы эрайзера.



Рис. 2 - Система KODAK ACR 2000i

ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ RTC – система NDT CARESTREAMHEALTH HPX-1. Горизонтальная загрузка и движение пластины в одной плоскости. Возможность использования жестких кассет и дополнительного кассетного носителя. Новая версия программного обеспечения типа INDUSTREX версия 5.2. Галогеновые лампы эрайзера.

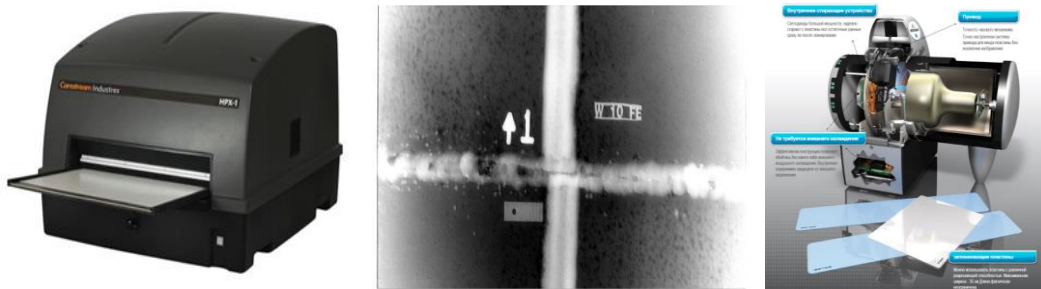


Рис. 3 - Система NDT CARESTREAMHEALTH HPX-1

В конструкции этого типа учтены некоторые недостатки предыдущих моделей. Предусмотрены два вида загрузки фосфорных пластин:

- ручная загрузка пластины, предварительно извлеченной из кассеты;
- автоматическая загрузка пластин из специальной жесткой кассеты, присоединяемой к сканеру оператором.

В этом случае контакт пластины с окружающей средой сводится к минимуму. Герметичный корпус сканера оснащен вентилятором принудительного нагнетания воздуха, который создает избыточное давление внутри и препятствует попаданию пыли и загрязнению из воздуха. Стирающее изображение устройство (эрайзер), конструктивно находящийся в едином корпусе со сканером, состоит из блока галогеновых ламп мощностью 25 Вт каждая. Световой поток стирает скрытое изображение контролируемой детали и готовит фосфорную пластину к повторному использованию. При интенсивной эксплуатации сканера в три смены стирание изображения приводит к повышенному нагреву узлов сканера и самой пластины, находящий в непосредственной близости от галогеновых ламп. Такой нагрев вызывает коробление и даже частичное оплавление кромок пластины. В жаркий летний день штатная система охлаждения не способна эффективно охлаждать фосфорный блок ламп эрайзера и внутренние блоки сканера.

ЧЕТВЕРТОЕ ПОКОЛЕНИЕ RTC – система NDT CARESTREAMHEALTH HPX-PRO специально для контроля сварных швов в полевых условиях. Повышенная вибро и термоустойчивость сканера. Вес – 16кг, без специальных требований к источнику питания. Специальные фосфорные пластины Flex HR-PRO с дополнительным поверхностным ламинированием.



Рис. 4 - Система NDT CARESTREAMHEALTH HPX-PRO

ПЯТОЕ ПОКОЛЕНИЕ RTC – пример, платформа INDUSTREX NDT. Согласно данным МАГАТЭ по состоянию на 2015 год [1] количество сертифицированных ИТР, прошедших полный курс обучения компьютерной радиографии в Германии превысило 1200 человек.

Платформа INDUSTREX NDT позволяет конфигурировать все составляющие элементы для решения конкретной инженерной задачи неразрушающего контроля и технической диагностики. Программа работает со всеми устройствами и не требует дополнительной настройки или специальных драйверов.



Рис. 5 - Ретроспектива развития метода

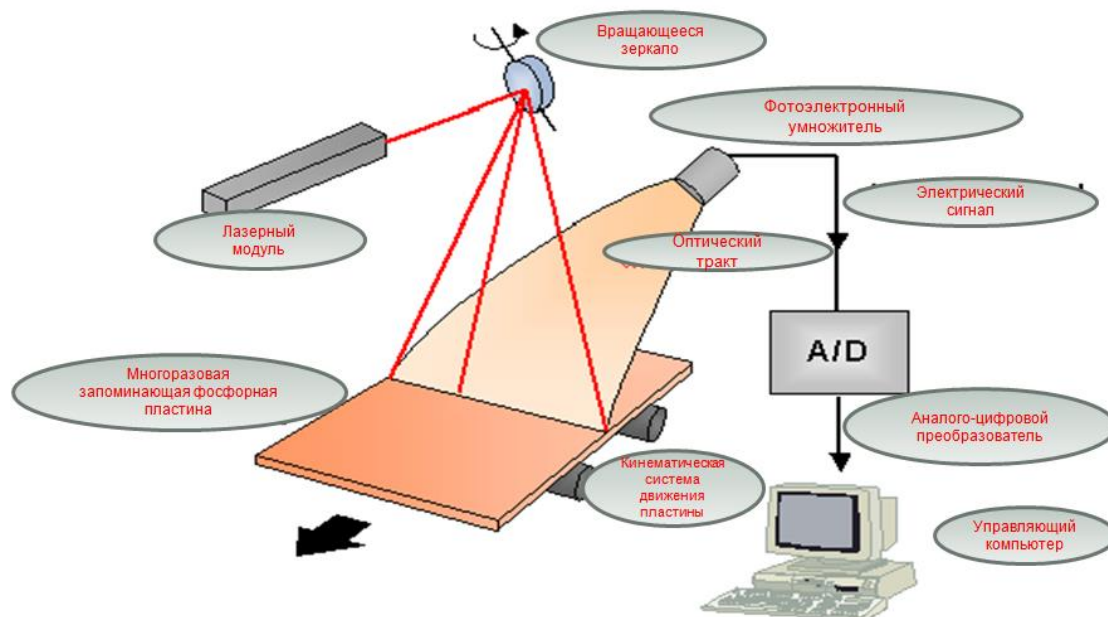


Рис. 6 - Схема компьютерного сканирования (фотостимулированная люминесценция, монохроматический источник – красный лазер, $m = 470\text{--}570\text{ нм}$, возбуждаемое излучение синего цвета, $m = 390\text{--}400\text{ нм}$)

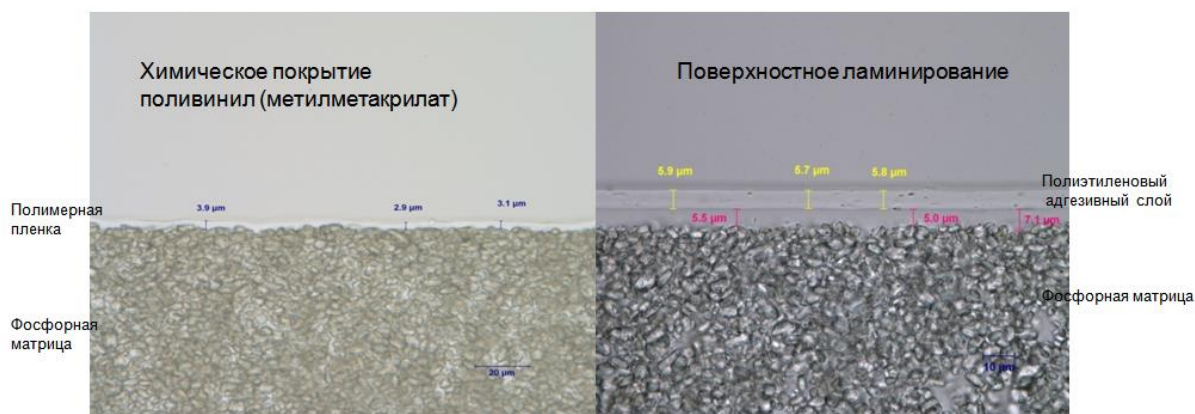


Рис. 7 - Структура защитного покрытия (Фосфорный слой – люминофор фторбромйодид бария, активированный двухвалентным европием, $(\text{BaFBr})/\text{I}:\text{Eu}^{2+}$)

По своим физико-химическим свойствам Фтор (F), Бром (Br), и Йод (I) относятся к VII группе (галогены) периодической таблицы элементов и в совокупности с элементом II группы Барием (Ba) образуют кристаллическую матрицу в которую в качестве модификатора свойств вводят добавки Европия (Eu- лантаноид, элемент редкоземельной группы). Эти химические соединения являются кристаллофосфорами и обладают свойством «запоминать» результат воздействия ионизирующего излучения в виде «скрытого изображения». В специально создаваемых условиях имеется возможность увидеть это изображение, а также стереть его.

Недостаток фторбромборида бария - гигроскопичность (восприимчивость к влаге). Под воздействием воды (в жидком или газообразном состоянии) люминофор разлагается. При этом высвобождается йод, который может накапливаться между фосфорным и защитным слоями пластины. Характерным признаком такого процесса является желто-коричневые пятна, появляющиеся на торце пленки. Поэтому на поверхность пластины нанесено защитное покрытие из влагостойкого полимерного

материала. Однако это покрытие, чтобы не исказить результаты считывания, имеет очень маленькую толщину. Следствием такого компромисса является ограниченная сопротивляемость фосфорных многоразовых пластин механическому воздействию.

Электронная жизнь фосфорных пластин (GP) в лабораторных условиях заявляемая производителем...до 8000 экспозиций. Однако в реальных условиях срок эксплуатации не превышает 3000-4000 экспозиций вследствие механических повреждений (в первую очередь расслаивание углов и появление трещин на обратной стороне фосфорной пластины (растрескивание черного слоя). Практический опыт показывает, что из пластины с трещинами можно вырезать неповрежденные участки и использовать их для контроля объектов меньшего размера. При этом нужно уделить внимание герметизации поверхности реза, чтобы избежать попадание влаги на фосфорный слой и препятствовать появлению коричневых пятен . Для этого подходит любой нитролак, даже маникюрный бесцветный лак.

Таблица 1. Сравнение параметров экспозиции RTF – RTC

ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА, при экспозиции стыкового соединения трубы диаметром 325 мм на эллипс, через две стенки (радиационная RTF – RTC, толщина 16+16 +2+2 мм)	RTF, РЕНТГЕНПЛЕНКА KODAK HS800 +SMP-308	RTC, ФОСФОРНАЯ ПЛАСТИНА типа Flex-HR
НАПРЯЖЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ, кВ	200	200
ТОК РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ, мА	5	5
ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ, мм	700	700
ВРЕМЯ ЭКСПОЗИЦИИ, с	84	14

KODAK HS800 - высокочувствительная, высококонтрастная, среднезернистая, универсальная рентгеновская пленка для промышленного радиационного контроля (300x400мм).

KYOKKO SMP-308 металло-флюорисцентные усиливающие экраны гарантируют быстрый темп исследования, сокращения времени экспозиции, малое зерно и усиленную резкость изображения.

Рентгеновский аппарат AOLONG XXG-2005 (производство Китай):

- сокращено время радиографического контроля (в 4-8 раз) за счет исключения процесса фотографической обработки рентгеновских пленок;
- уменьшено время просвечивания контролируемых деталей (радиационная толщина 10-44 мм) в 2-3 раза, повышен ресурс работы генераторов рентгеновского излучения);
- снижено рабочее напряжение на рентгеновской трубке на 10-15%;
- снижена радиационная нагрузка на персонал категории А;
- упрощен процесс архивирования радиографических изображений , их поиск и обращение.

Таблица 2. Опыт лабораторной эксплуатации комплекса компьютерной радиографии KODAK ACR 2000i

ПОКАЗАТЕЛЬ	ПРЕДПРИЯТИЕ 1 (ЛНМК)	ПРЕДПРИЯТИЕ 1 (ЦЗЛ)
Время эксплуатации, (годы)	2009 – 2012 (4 года)	2010-настоящее время
Количество фосфорных пластин	GP-20шт, HR-10шт, Одновременно используются 10-20 пластин	GP-4шт, HR-1 шт
Режим работы комплекса	3 смены по 7 часов в сутки, Общая наработка около 100 000 экспозиций	Инспекция и ремонт технологического оборудования и продуктопроводов
(Материал контролируемых деталей)	Высоколегированные стали и сплавы, низкоуглеродистая сталь	Высоколегированные стали, конструкционная сталь
Среднее количество циклов СКАНИРОВАНИЕ- СТИРАНИЕ СКРЫТОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ	100-150 в смену	20-30 в месяц

Выводы

1) Системы компьютерной радиографии (RTC) могут быть технологически встроены в любую существующую традиционную систему рентгеновского контроля.

2) Наш более чем 10 летний опыт использования RTC показал, что этот путь является наиболее экономически эффективным при переходе от аналоговой к цифровой радиографии.

3) RTC – «портативный способ» и может быть использован как в лабораторных(производственных) условиях, так и на монтаже (в поле).

4) Фосфорные детекторные пластины в меру гибкие и достаточно прочные.

5) Замена рентгеновской пленки, отказ от реактивов для химической обработки, снижает общие трудозатраты.

6) Большой динамический диапазон изображения на фосфорных пластинах позволяет на одном снимке видеть и эффективно контролировать объекты различной радиационной толщины.

7) RTC позволяет снижать режимы экспозиции, уменьшать радиационную нагрузку на персонал, экономить ресурс работы рентгеновских аппаратов.

[1] *Guidelines on training, examination and Certification in digital industrial Radiology Testing (RD-T). TRAINING COURSE SERIES No. 60. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2015.*