

Системы оцифровки рентгеновских пленок при радиографическом контроле промышленных объектов

К.А. Багаев

к.-ф.-м.н., технический директор¹
kb@newcom-ndt.ru

А.И. Улудинцева

эксперт по промышленной безопасности,
генеральный директор²
anna@nord-ndt.ru

¹ООО «Ньюком-НДТ», Санкт-Петербург, Россия
²ООО «НОРД-НДТ», Санкт-Петербург, Россия

В статье представлен обзор оцифровщиков рентгеновских плёнок, предлагаемых на российском рынке. Указаны технические характеристики, области применения конкретных устройств, их достоинства и недостатки. В обзоре использованы не только собственные исследования, но также отчёты производителей оборудования и результаты берлинского института тестирования и исследования материалов (BAM). Сделаны выводы о применимости оцифровщиков в промышленных условиях, приведены рекомендации по выбору оцифровщиков в зависимости от решаемой задачи.

Материалы и методы

В качестве материала исследования были взяты 4 модели представленных на российском рынке оцифровщиков рентгеновских плёнок.

Ключевые слова

оцифровка рентгеновских плёнок, контрастная чувствительность по оптической плотности, пространственное разрешение, ГОСТ 7512

Введение

В последнее время российские предприятия и организации, работающие в сфере неразрушающего контроля, проявляют всё больший интерес к оборудованию для оцифровки радиографических плёнок. Это вызвано тем, что ряд крупных организаций, таких как ОАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть», заявили о намерении перейти к частичной или полной оцифровке архивов рентгеновских снимков.

В данной статье авторы дают обзор основных оцифровщиков рентгеновских плёнок, представленных на российском рынке. Приводятся технические характеристики, области применения конкретных устройств, их достоинства и недостатки. Данные были получены с помощью собственных исследований, из отчётов производителей оборудования и работ берлинского института тестирования и исследования материалов (BAM).

Нами было проведено сравнение четырёх наиболее популярных на российском рынке оцифровщиков (в алфавитном порядке): «ARRAY 2905 HD», «Epson Expression 10000XL», «Microtek MII 900 Plus» и «VIDAR NDT Pro».

Для количественного сравнения характеристик оцифровщиков обычно используются такие параметры, как диапазон по плотности оцифровываемых плёнок, величины контрастной чувствительности по оптической плотности (Dcs) и пространственного разрешения, определяемые международным стандартом ISO 14096 [1].

Исследования оцифровщиков согласно данному стандарту принято проводить с помощью эталонной рентгеновской плёнки — EPRI. Эта плёнка имеет размер 35 см на 43 см, содержит набор оптических мер, шаблонов для определения пространственного разрешения и т.п.

Характеристики оцифровщиков

Для наглядного сравнения оцифровщиков мы представили их основные технические характеристики в таблице 1. На основе этих данных был проведён сравнительный анализ преимуществ и недостатков конкретных моделей оцифровщиков.

Информация о сканере «ARRAY 2905 HD» производства фирмы «ARRAY CORPORATION» была взята из отчёта института BAM [2]. Параметры указаны для режима сканирования, обеспечивающего наибольший оптический диапазон и качество снимков — «Qualitymode».

Исследования характеристик оцифровщика «Epson Expression 10000XL» были проведены компанией ООО «НОРД-НДТ». Серийный номер сканера — FVU00025897.

Исследования характеристик оцифровщика «Microtek MII 900 Plus» были проведены компанией ООО «Ньюком-НДТ» [3]. Серийный номер оцифровщика — S1CV800004. Также была использована информация, предоставленная производителем, компанией «Microtek» [4].

Характеристики оцифровщика NDTPRO Industrial Film Digitizer, производства фирмы Vidar (Herndon, VA, USA), исследовались компанией ООО «НОРД-НДТ», кроме того была использована информация с сайта производителя. Серийный номер сканера — 370018.

ARRAY 2905 HD

Преимущества:

- Самый широкий диапазон плотностей оцифровываемых плёнок, которые можно оцифровать за один проход.
- Высокое качество оцифровки, отсутствие артефактов.
- Высокая производительность сканирования.
- Позволяет оцифровывать рулонную плёнку длиной до нескольких метров (по нашей информации до 10м).

Недостатки:

- Высокая цена: существенно выше цены других моделей оцифровщиков, представленных на рынке.
- Значительно сложнее в техническом обслуживании и замене элементов, если сравнивать с оцифровщиками на основе светодиодных ламп.
- Автоподатчик плёнки в комплект поставки оцифровщика не входит.
- Большой вес, габариты и высокие требования к качеству перевозки. В связи с этим отсутствует мобильность - переносить его возможно только вдвоём.
- Соответствует классу DS (ISO 14096) по пространственному разрешению только для источников с энергией излучения свыше 200 кэВ, что сужает диапазон его применения.
- Требуется подготовка плёнки перед сканированием — нужно скруглить край, которым плёнка вставляется в сканер. В противном случае плёнку может «зажевать».

Область применения:

ARRAY 2905 HD может применяться только в стационарных условиях. Этот оцифровщик может использоваться для решения практически любых задач по оцифровке плёнок, так как обладает наибольшим диапазоном охватываемых оптических плотностей. Исключения могут быть только для задач, где требуется пространственное разрешение выше 9 пар линий на мм.

Epson Expression 10000XL

Сканеры этой марки уже более 10 лет применяются для оцифровки рентгеновской плёнки в составе комплексов автоматизированной расшифровки на объектах газопотребления и газораспределения. Для удобства использования сканера при оцифровке рулонной плёнки для данного вида оцифровщика фирмой ООО «НОРД-НДТ» разработано устройство для протяжки рулонной плёнки.

Специалистами ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИО-ФИ» проведены испытания оцифровщика в части точности передачи линейных размеров и оптических плотностей в составе установки

«Многофункциональная Автоматизированная Расшифровка Снимков» серии «НОРД», и утвержден тип средств измерений.

Преимущества:

- Минимальная стоимость.
- Устойчив к перевозкам и применению в мобильных лабораториях.
- Сравнимое с оцифровщиком ARRAY 2905 HD время сканирования.
- Простота в обслуживании.

Недостатки:

- Возможность использования только для пленок с оптической плотностью до 3,0 е.о.п.
- Для сканирования рулонных пленок необходимо приобретать дополнительное устройство для протяжки плёнок.
- Невозможно сканировать одновременно (параллельно) несколько пленок.

Область применения:

Промышленно может быть применим для сканирования плёнок с плотностью до 3,0 е.о.п. Оптимальный выбор, когда важна экономическая составляющая оборудования и не требуется сканировать пленки с большой плотностью.

Microtek MII 900 Plus

Преимущества:

- Средний ценовой диапазон.
- Простота в обслуживании в части чистки оптики и ламп от пыли.
- Малый вес.

Недостатки:

- Крайне низкая производительность. Для сканирования плотных плёнок требуются часы. Для достижения заявленного пространственного разрешения – 9 пл/мм на плёнке длиной 43 см в классе DS требуется больше 6 часов сканирования эталонной пленки EPRI.
- При разумных временах сканирования (порядка 5 мин на метр плёнки) охватывает диапазон плотностей, не превышающий 1,5 е.о.п.
- Низкое качество сканирования при разности оптических плотностей выше 1,5 е.о.п. В этом случае на тёмных областях снимка наблюдаются артефакты от светлых областей.
- При разрешении 300 dpi и ниже может оцифровывать только неплотные снимки, так как при увеличении экспозиции (параметр «darkness» в TWIN-драйвере устройства) происходит сбой и снимок размывается, см. рисунок 1.
- Сканер плохо защищён от внешних воздействий, пыль часто попадает на

входное окно. В связи с этим требуется регулярная очистка входного окна и лампы.

- Очень сложный интерфейс ПО, входящего в комплект сканера. Существует возможность выбора 10 режимов яркости лампы (параметр «Darkness») и 5 режимов интегрирования сигнала («Optimization»). При этом отсутствуют рекомендации, какие параметры нужно выбирать при сканировании плёнок различной плотности и гранулярности.
- Невозможно сканировать одновременно (параллельно) несколько пленок.

Область применения:

Этот оцифровщик нуждается в существенной доработке.

После исправления части недостатков, может быть применим только для сканирования неплотных плёнок – до плотности 2,5 е.о.п., имеющих разброс плотностей по снимку, не превышающий 1,5 е.о.п.

Vidar NDTPRO Industrial Film Digitizer

Сканеры VIDAR уже много лет применяются в медицине, а в 2012 году была разработана модель, адаптированная к нуждам промышленной радиографии.

Преимущества:

- Средний ценовой диапазон.
- Высокое качество сканирования, отсутствие артефактов.
- В комплект поставки входит автоподатчик для 25 листовых пленок.
- Устойчив к перевозкам и применению в мобильных лабораториях. Надёжно защищён от попадания пыли.
- Габариты и вес оцифровщика таковы, что его может переносить один человек.
- Минимальное время сканирования для рассматриваемых оцифровщиков.
- Возможность сканировать одновременно (параллельно) несколько пленок.
- Очень простой в техническом обслуживании. Техническое обслуживание (замена лампы и чистка оптического тракта) производится раз в 2 года.

Недостатки:

- Максимальное разрешение меньше чем у Epson и Microtek: 570 dpi (размер пикселя 44,56 мкм). Однако при этом разрешении достигается быстрая и качественная оцифровка для диапазона плотностей от 0,5 до 4,0 е.о.п.
- Верхняя граница диапазона оптических плотностей в настоящий момент составляет

4 е.о.п.

Область применения:

Промышленно может быть применим как в мобильных лабораториях, так и в стационарных условиях.

Рекомендации по выбору оцифровщика

При выборе конкретной модели сканера для минимизации стоимости оборудования целесообразно принять во внимание, что:

- требования к пространственному разрешению должны быть соотнесены с требованиями к чувствительности контроля и геометрической нерезкости, они не должны быть избыточными;
- категорию исследуемых трубопроводов: в лабораториях, ориентированных на трубопроводы малых диаметров, не применяющие рулонные пленки, возможно применение сканеров для форматной пленки без устройств для протяжки рулонной пленки. Для ускорения работы в этом случае удобно иметь автоподатчик и возможность сканирования нескольких пленок одновременно;
- условия применения: в мобильных лабораториях можно использовать только сканеры, не чувствительные к вибрациям, тряске при перевозке.

Нами были рассмотрены четыре модели сканеров с широким диапазоном цен и технических характеристик. На рисунке 2 отображено соотношение цена/качество для вышеописанных оцифровщиков. Сканер ARRAY имеет максимальную цену и наилучшее качество оцифровки: высокие показатели производительности, минимум артефактов и максимальный диапазон по оптической плотности. Сканеры VIDAR и Microtek находятся в одной ценовой категории, могут применяться для снимков до 4,0 е.о.п., но при этом сканер Microtek имеет самую низкую производительность, большое количество артефактов и высокие требования к обслуживанию при эксплуатации. В связи с этим считаем логичным оценить его качество более низким по сравнению со сканером VIDAR. Сканер Epson при минимальной цене обладает приемлемой производительностью, высокой разрешающей способностью, но имеет ограничения по применению: для снимков с оптической плотностью до 3 е.о.п.

Как видно из рисунка 2, оцифровщик ARRAY обладает наилучшими техническими характеристиками. Однако в полной мере

Параметр	ARRAY 2905 HD	Epson Expression 10000XL	Microtek MII 900 Plus	VIDAR NDT Pro
Диапазон оптических плотностей, для которого $D_{cs} < 0,02$, е.о.п.	0–4,7	1,0–3,0	0,5–4,5	0,5–4,0
Количество поддиапазонов плотностей для охвата полного диапазона	1	1	2	1
Размер точки, мкм	50,0; 100,0	10,6–508,0	10,6–200,0	44,6; 84,7; 169,3; 338,6
Наибольшее пространственное разрешение, пар линий на мм (размер пикселя, мкм)	9 (50)	10 (10,6)	9 (10,6)	11 (44,6)
Максимальная разрядность оцифровки (число градаций серого)	12 (4096)	16 (65536)	16 (65536)	16 (65536)
Время сканирования EPRI для охвата полного диапазона, сек (размер пикселя, мкм)	140 сек (50); 50 сек (100)	252 сек (50)	2 часа 6 мин (42); 6 часов 8 мин (24,5)	105,6 сек (44,6)
Источник света	Лазер	Флуоресцентная лампа	Светодиодная лампа	Светодиодная лампа
Выходной сигнал	Логарифмический	Линейный	Линейный	Линейный

Таб. 1 – Сравнительная таблица технических характеристик оцифровщиков плёнок

возможности ARRAY востребованы лишь при оцифровке очень плотных плёнок – с плотностью выше 4 е.о.п. В связи с тем, что данный оцифровщик является самым дорогим, его применение можно рекомендовать лишь для узкого круга задач, которые невозможно решить с помощью других оцифровщиков.

Оцифровщик VIDAR охватывает рабочий диапазон большинства промышленных плёнок, получаемых при контроле в России. При этом он не уступает по производительности и разрешению оцифровщику ARRAY. VIDAR существенно дешевле ARRAY. Этот оцифровщик может быть рекомендован для большинства задач по оцифровке плёнок.

Сканер Epson применим лишь для неплотных плёнок – с плотностью меньше 3 е.о.п. При этом он обладает высокой производительностью и разрешением. В тех случаях, когда задача состоит в оцифровке неплотных снимков, данный сканер вполне может быть применен. Его преимуществом перед VIDAR и ARRAY является низкая цена.



Рис. 1 — Размытие EPRI сканером Microtek MII 900 Plus при разрешении 300 dpi и максимальной экспозиции

Оцифровщик Microtek имеет много недостатков, главными из которых являются узкий диапазон сканирования, крайне низкая производительность и наличие артефактов. В связи с этим трудно рекомендовать данный прибор для промышленного применения.

Итоги

Было произведено сравнение технических характеристик оцифровщиков. В графическом виде представлено соотношение цена/качество для рассматриваемых моделей оцифровщиков.

Выводы

На основе проведённых исследований можно сделать вывод, что представленные на российском рынке оцифровщики рентгеновских плёнок существенно отличаются как по техническим характеристикам, так и ценовому диапазону. Выбор в пользу той или иной модели следует делать исходя из диапазона оптических плотностей плёнок, подлежащих оцифровке.

Если плотность плёнок не превышает 4,0 е.о.п. то рекомендуется выбирать оцифровщики среднего ценового диапазона. И только для плёнок с большей плотностью почернения можно рекомендовать оцифровщик с максимальным рабочим диапазоном по плотности.

Список используемой литературы

1. Международный стандарт ISO-14096-1 Non-destructive testing – Qualification of radiographic film digitization systems. Part 1: Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control. Part 2: Minimum requirements. 2005-06-15.
2. Evaluation of the LASER scanner Array 2905 HD. Berlin: BAM, 2003.
3. Багаев К.А., Горчаков А.Л. О соответствии стандарту ISO 14096 оцифровщика рентгеновских плёнок Microtek MII 900 Plus // Экспозиция Нефть Газ. 2012. №6. С. 73–76.
4. Gavin Lin. Evaluation of the Digitizer MII-900+. 2012.03.23.

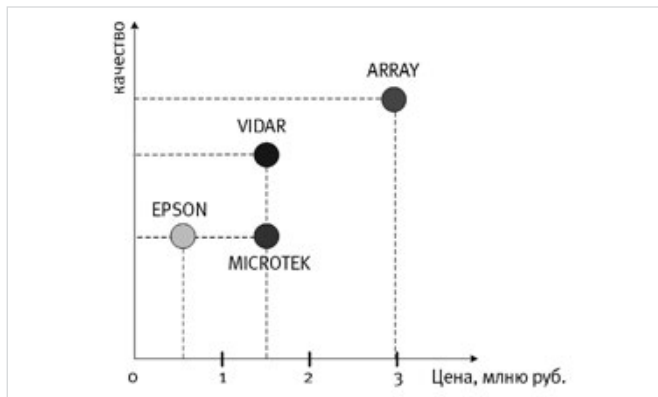


Рис. 2 — Соотношение цена/качество оцифровщиков

ENGLISH

INDUSTRIAL SAFETY

X-ray film digitizing systems for radiographic inspection of industrial facilities

UDC 539.1+621.3

Authors:

Kirill A. Bagaev — Ph.D. in Physics and Mathematics, technical director¹; kb@newcom-ndt.ru
Anna I. Uludintseva — expert on industrial safety, general manager²; anna@nord-ndt.ru

¹Newcom-NDT LLC, Saint-Petersburg, Russian Federation

²NORD-NDT LLC, Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract

The article provides an overview of X-ray film digitizer systems offered on the Russian market. The performance specification, advantages and disadvantages of digitizers were considered. The survey uses not only authors own research, but also reports of equipment manufacturers and the Berlin Institute for Materials Research and Testing (VAM). The conclusions are about the applicability of the digitizers in an industrial environment. It provides guidelines on the choice of digitizer, depending on the

problem, performance and price.

Materials and methods

4 models of X-Ray film digitizers from different manufacturers were used.

Results

The X-Ray film digitizers specifications were compared. The Price / performance ratio was shown graphically.

Conclusions

Digitizer of X-Ray films represented on

the Russian market significantly differ in specifications and price range. The choice in favor of a particular model should be done on the basis of optical density range of films to be digitized. If the density of the films is less than 4.0 OD it is recommended to choose a digitizer from middle price range. And just for the films with a higher density the Hi-End digitizers should be recommended.

Keywords

Digitization of X-ray films, contrast sensitivity in optical density, spatial resolution, GOST 7512

References

1. The international standard ISO-14096-1 Non-destructive testing – Qualification of radiographic film digitization systems. Part 1: Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard

reference film and qualitative control. Part 2: Minimum requirements. 06.15.2005.

2. Evaluation of the LASER scanner Array 2905 HD. Berlin: BAM, 09.02.2003.
3. Bagaev K.A., Gorchakov A.L. O sootvetstvii standartu ISO 14096 otsifrovshchika

1. *rentgenovskikh plenok Microtek MII 900 Plus* [On compliance with ISO 14096 X-ray film digitizer Microtek MII 900 Plus]. *Exposition Oil Gas*, 2012, issue 6, pp. 73–76.
4. Gavin Lin, Evaluation of the Digitizer MII-900+. 2012.03.23.