

О соответствии стандарту ISO 14096 оцифровщика рентгеновских плёнок «MICROTEK MII 900 PLUS»

К.А. Багаев (Санкт-Петербург, Россия)

kb@newcom-ndt.ru

к.-ф.-м.н., технический директор,
«Ньюком-НДТ»

А.Л. Горчаков

ag@newcom-ndt.ru

генеральный директор,
«Ньюком-НДТ»

В статье рассмотрены основные положения стандарта ISO 14096 для оцифровки рентгеновских плёнок. Проведено тестирование оцифровщика «Microtek MII 900 Plus» по данному стандарту. Для исследований применялась эталонная рентгеновская плёнка и ПО «X-Vizor». Был определён диапазон оптических плотностей и минимальное пространственное разрешение оцифровщика. По результатам исследования сделан вывод о соответствии оцифровщика классу DS. Было определено время работы оцифровщика для различных значений пространственного разрешения, яркости лампы и величины интегрирования сигнала. Сделаны выводы о его применимости в промышленных условиях

Введение

Несмотря на бурное развитие цифровых технологий и внедрение систем компьютерной и цифровой радиографии, просвещение на плёнку остаётся востребованным методом рентгеновского контроля в России. Тем не менее, цифровые технологии можно использовать и в этом случае, а именно — оцифровывать рентгеновские снимки.

В последние годы такие крупные российские компании как «Газпром» и «Транснефть» либо ввели свои руководящие документы об обязательной оцифровке рентгеновских плёнок, либо заявили о том, что собираются сделать это в ближайшее время. Оцифровка плёнки в некоторых случаях может повысить выявляемость дефектов и принести ряд экономических преимуществ. Оцифрованный снимок может быть обработан с помощью программных средств улучшения изображения. Затем такой снимок может быть сохранён в базу данных на сервере. Это позволяет осуществлять надзор за качеством контроля из головной организации удаленно, без выезда непосредственно к месту хранения плёнки.

В дальнейшем, при введении соответствующих нормативных документов, возможно, удастся отказаться от складирования плёнок, а перейти полностью на хранение в цифровом виде. В этом случае очевидна экономическая выгода, так как освободятся площади архивов под хранение плёнки. Используемые плёнки могут быть отданы на переработку, а выделяемое

из них серебро может быть использовано вторично.

В данный момент в России нет стандарта по оцифровке рентгеновских плёнок, поэтому для оценки качества снимков и оборудования для оцифровки мы будем использовать международный стандарт ISO-14096 [1,2].

Рынок оцифровщиков плёнки находится в стадии развития и на данный момент на нём не так много оборудования. В данной статье представлены результаты тестирования на соответствие стандарту ISO-14096 оцифровщика «Microtek MII 900 Plus». Для тестирования была использована эталонная плёнка EPRI № E176 по ISO-14096 и программное обеспечение «X-Vizor».

Стандартом ISO 14096 определены три класса оцифровщиков DA, DB, DS. Критериями принадлежности к тому или иному классу являются два основных параметра:

1. Диапазон рабочих оптических плотностей при заданной контрастной чувствительности по оптической плотности
2. Пространственное разрешение.

В [2, с.7] приведена таблица классов систем оцифровки в зависимости от диапазона оптической плотности и контрастной чувствительности по оптической плотности (таб.1).

Требования к значениям пространственного разрешения при различных энергиях квантов ионизирующего излучения, используемых при контроле образцов, представлены в таблице 2 [2, с.8].

Параметр	Класс DS	Класс DB	Класс DA
Диапазон плотностей (D_R)	0,5...4,5	0,5...4,0	0,5...3,5
Цифровое разрешение в разрядах	> 12	> 10	> 10
Контрастная чувствительность по плотности ΔD_{CS} в пределах D_R	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Таб. 1 — Критерии принадлежности оцифровщика к определённому классу согласно стандарту ISO 14096 — диапазон оптических плотностей, цифровое разрешение, контрастная чувствительность по оптической плотности

Энергия	Класс DS		Класс DB		Класс DA	
	Размер пикселя, мкм	MTF 20%, пар линий/мм	Размер пикселя, мкм	MTF 20%, пар линий/мм	Размер пикселя, мкм	MTF 20%, пар линий/мм
< 100	15	16,7	50	5	70	3,6
> 100...200	30	8,3	70	3,6	85	3
> 200...450, Se-75, Yb-169	60	4,2	85	3	100	2,5
Ir-192	100	2,5	125	2	150	1,7
Co-60, > 1 МэВ	200	1,25	250	1	250	1

Таб. 2 — Критерии принадлежности оцифровщика к определённому классу согласно стандарту ISO 14096 — пространственное разрешение систем оцифровки пленки

Заявленные характеристики

Выпускаемый серийно оцифровщик «Microtek MII 900 Plus» обладает следующими характеристиками:

Разрядности оцифровки — 8 или 16 бит.

Пространственное разрешение — от 72 до 2400 dpi.

Интегрирование при сканировании (I) — от 1 до 5 у.е. Число оцифровок данной точки в зависимости от величины интегрирования определяется по формуле $N=2^{(I-1)}$.

Яркость лампы — от 1 до 10 условных единиц (у.е.). При наибольшей яркости «пробиваются» наиболее плотные плёнки. Рабочим значением яркости для плёнок с плотностью, не превышающей 3 е.о.п. является 3 у.е.

Производитель оцифровщика заявляет о его соответствии классу DS по стандарту ISO 14096.

Рабочий диапазон оптических плотностей

С помощью эталонной плёнки нами был исследован рабочий диапазон плотностей, пробиваемых оцифровщиком. Он составляет от 0,5 до 4,5 е.о.п. Ниже приведён профиль распределения оптической плотности, полученный при режиме сканирования с яркостью лампы 3.

Из графика (рис.1) видно, что при данной яркости лампы (3 у.е.) в области плотностей выше 3,5 имеют место недопустимые шумы, превышающие критерий $\Delta D_{cs} \leq 0,02$.

Аналогичная кривая для яркости 10 у.е. приведена на рисунке 2.

Из графика видно, что при яркости лампы 10 в области плотностей ниже 1,5 имеет место пересвет, информация отсутствует.

Согласно ISO-14096 рабочий диапазон плотностей оцифровщика определяется из характеристической передаточной кривой. Это кривая, на которой отображается

Материалы и методы

В качестве материала исследования была использована эталонная рентгеновская плёнка № E176 по ISO-14096, оцифровщик Microtek MII 900Plus и программное обеспечение «X-Vizor».

Использовались математические методы для оценки стандартных отклонений и вычисления Фурье преобразования от производной функции профиля плотности рентгеновского изображения

Ключевые слова

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

«Microtek MII 900 Plus»
digitizer and ISO-14096 standard

Authors

Kirill A. Bagaev (Saint Petersburg, Russia)

phD in Physics and Mathematics,
technical director of Newcom-NDT LLC

Alexander L. Gorchakov

general director of Newcom-NDT LLC

Abstract

The fundamentals of ISO-14096 was observed. The evaluation of X-Ray films' digitizer «Microtek MII 900 Plus» was produced. The optical density range and spatial resolution were estimated. The reference radiograph and «X-Vizor» software was used in evaluation. The achieved digitizer class is DS according to ISO-14096

Materials and methods

The reference radiograph № E176, digitizer «Microtek MII 900 Plus» and «X-Vizor» software were used.

Results

The comprehensive evaluation of «Microtek MII 900 Plus» was performed.

Conclusions

Digitizer «Microtek MII 900 Plus» corresponds to DS class according to ISO-14096. Nevertheless, it is recommended for use with films of densities less than 3.5 D.

Keywords

X-Ray film digitization,
spatial resolution, density
contrast sensitivity

References

1. ISO-14096-1, Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitization systems — Part1: Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control. 2005-06-15.
2. ISO-14096-2, Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitization systems — Part2: Minimum requirements. 2005-06-15.
3. Gavin Lin, "Evaluation of the Digitizer" MII-900+. 2012.03.23

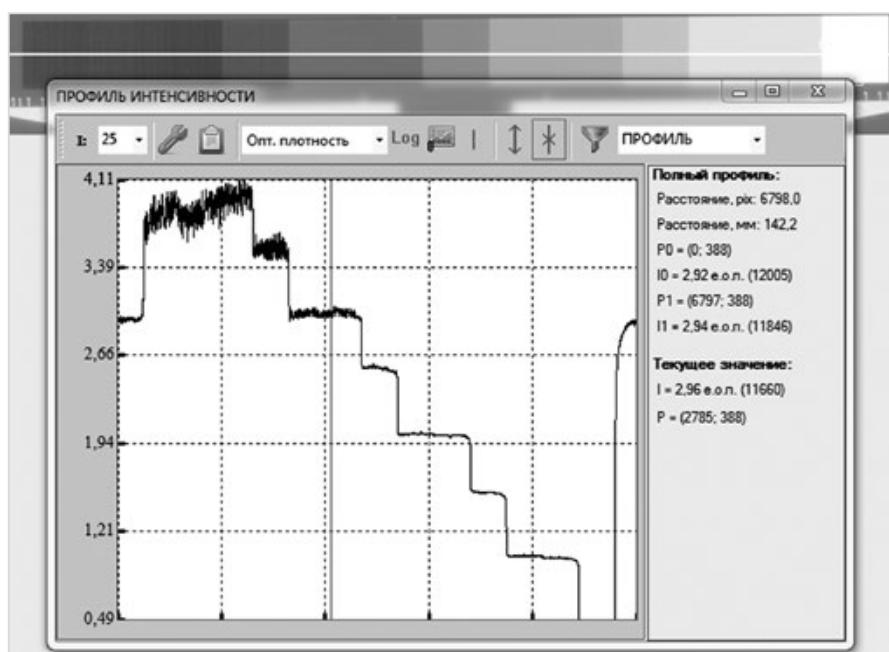


Рис. 1 — Диапазон оптических плотностей, охватываемых сканером, яркость 3 у.е.

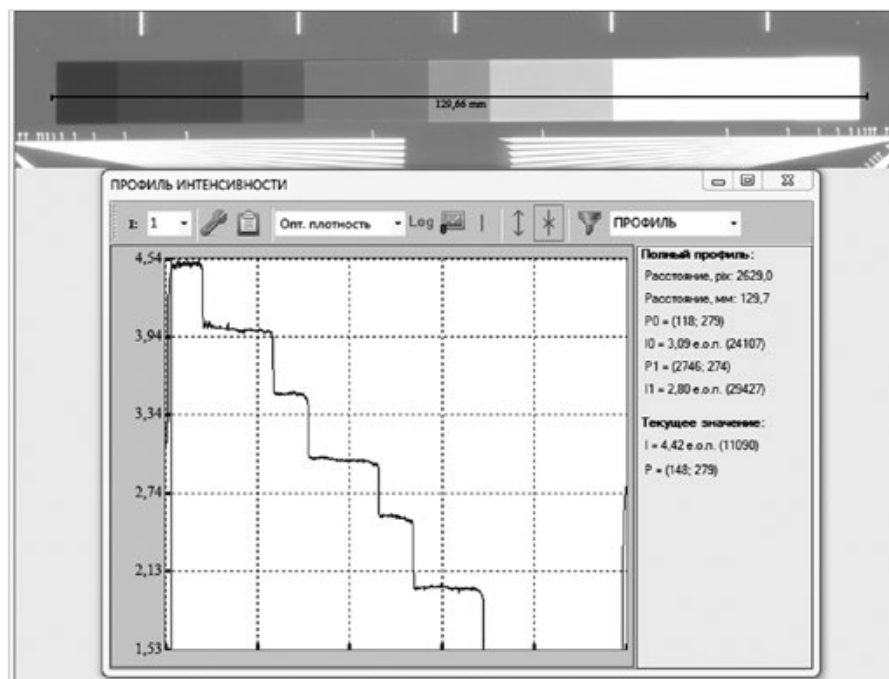


Рис. 2 — Диапазон оптических плотностей, охватываемых сканером, яркость 10 у.е.

оптическая плотность, соответствующая конкретному участку оптического клина. Таких кривых может быть несколько для данного типа оцифровщика. Рабочий диапазон определяется между минимальным и максимальным значением плотностей, взятых по всем таким характеристическим кривым.

Для соответствия классу DS рабочий диапазон плотностей должен быть от 0,5 до 4,5 е.о.п. Контрастная чувствительность по оптической плотности на всех участках оптического клина не должна превышать 0,02. В основе оценки контрастной чувствительности по плотности ΔD_{CS} лежит вычисление среднеквадратического отклонения σ_D соседних пикселей в области пленки с постоянной оптической плотностью. В стандарте ISO 14096 рекомендовано проводить вычисления по окрестности из 225 пикселей. Среднеквадратическое отклонение σ_D калиброванной плотности $D(gI_m)$ рассчитывается для этих 225 значений на заданной ступени плотности по формуле [1, с. 9]:

$$\sigma_D = \frac{1}{\sqrt{224}} \cdot \sqrt{\sum_{n=1}^{225} \left[D(gI_n) - \frac{1}{225} \cdot \sum_{m=1}^{225} D(gI_m) \right]^2}$$

В этой формуле gI_m — оцифрованное значение уровня серого для пикселя пленки [1, с. 8]:

$$gI_m = \frac{1}{225} \cdot \sum_{j=1}^{225} gI_{j,m}$$

$D(gI_m)$ — функция, которая вычисляет оптическую плотность участка снимка в зависимости от уровня серого.

Значение σ_D представляет собственный шум оцифровщика при рассматриваемом значении оптической плотности. Контрастная чувствительность по оптической плотности для области снимка, вписанной в апертуру 88,6 мкм, вычисляется по формуле [1, с. 9]:

$$\Delta D_{CS} = 2 \cdot \sigma_D \times (P/88,6)$$

где P — фактический размер пикселя оцифровщика в мкм

Для сравнения контрастной чувствительности по оптической плотности у дигитайзеров с разным размером пикселя значение ΔD_{CS} относится к квадратному пикселю

размером 88,6 мкм. Этому соответствует диаметр апертуры 100 мкм микроденситометра, используемого для измерения граничности пленки по стандарту EN 584-1.

Оцифровщик «Microtek MII 900 Plus» позволяет охватить требуемый стандартом диапазон оптической плотности при обеспечении соответствующей контрастной чувствительности по оптической плотности за два шага — с различными значениями яркости просвечивающей лампы сканера. Таким образом, оцифровщик имеет 2 характеристических передаточных кривых.

Ниже приведена таблица оптических плотностей (таб. 3), полученных для яркостей лампы 10 у.е. и 3 у.е. при пространственном разрешении сканирования 500 dpi (50,8 мкм).

Как видно из приведённых таблиц диапазоны перекрываются в области оптических плотностей 1,5-3 е.о.п.

В качестве иллюстрации вычисления контрастной чувствительности по оптической плотности приведён снимок рабочего окна программы «X-Vizor» с инструментом для определения контрастной чувствительности по плотности, рисунок 3.

Пространственное разрешение

Вторым параметром, определяющим принадлежность оцифровщика к определённому классу по ISO-14096, является

пространственное разрешение. Оно определяется по модуляционной передаточной кривой, которую вычисляют в несколько шагов:

1. Находят профиль плотности перпендикулярно границе участков изображения с существенно различными оптическими плотностями. Стандартно рекомендуется проводить интегрирование по нескольким профилям — не меньше 10.
2. Вычисляют модуль производной от профиля.
3. Вычисляют Фурье-преобразование от полученной кривой.
4. Строят зависимость амплитуды Фурье-преобразования от числа пар линий на мм.

Для оцифровщика «Microtek MII 900 Plus» нами были произведены вычисления модуляционной передаточной кривой при пространственном разрешении 1200 dpi. В программе «X-Vizor» предусмотрен соответствующий инструмент. Результирующая кривая приведена на рисунке 4.

Полученное значение — 9 пар линий на мм — согласуется со значением, приведённым производителем оцифровщика в отчёте [3].

Скорость работы

Несмотря на то, что оцифровщик «Microtek MII 900 Plus» формально удовлетворяет всем требованиям класса DS

Оптическая плотность, е.о.п.	ΔD_{CS} , яркость лампы 10 у.е.	ΔD_{CS} , яркость лампы 3 у.е.
4,50	0,02	-
4,01	0,01	-
3,99	0,01	-
3,50	0,01	-
3,01	0,01	0,02
2,98	0,01	0,02
2,56	0,01	0,01
2,01	0,01	0,01
2,00	0,01	0,01
1,53	0,00	0,01
1,01	-	0,01
0,99	-	0,01
0,50	-	0,00

Таб. 3 — Контрастная чувствительность по оптической плотности в диапазоне оптических плотностей 4,5–0,5.

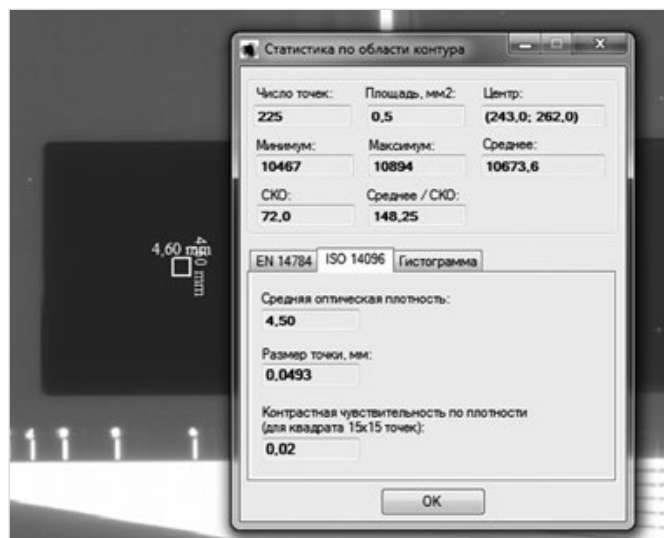


Рис. 3 — Вычисление параметров участка оптического клина с плотностью 4,5 е.о.п.

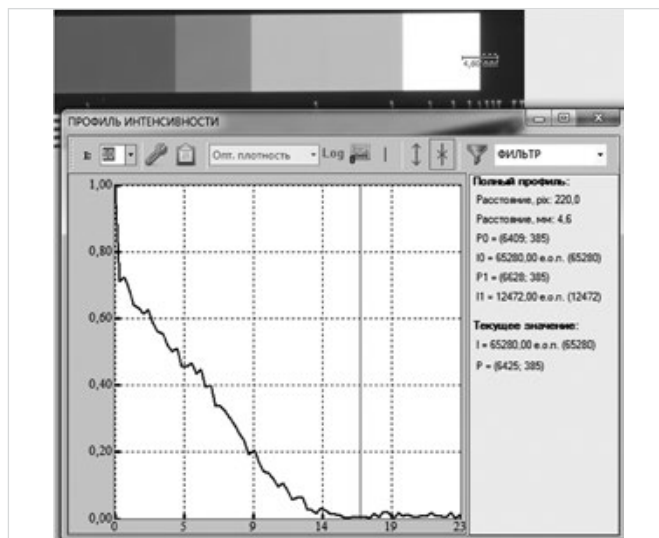


Рис. 4 — Модуляционная передаточная кривая

стандарта ISO-14096, его применение для оцифровки плёнок с плотностью выше 3,5 е.о.п. будет весьма затруднительно из-за низкой скорости работы. Для того чтобы качество оцифровки соответствовало классу DS для плотных плёнок, необходимо осуществлять сканирование при максимальном интегрировании. В этом случае сильно замедляется скорость протяжки плёнки через оцифровщик. Например, при интегрировании $I=5$, скорость протяжки падает в 16 раз.

В таблице 4 приведено время работы оцифровщика для различных величин пространственного разрешения, яркости лампы и параметра интегрирования. В качестве образца была использована эталонная плёнка EPRI № E176.

Итоги

Было проведено комплексное исследование параметров оцифровщика согласно ISO-14096

Выводы

На основе проведённых исследований можно сделать вывод, что диапазон пробиваемых оцифровщиком плотностей и пространственное разрешение оцифровщика соответствует классу DS по стандарту ISO-14096. Тем не менее данный оцифровщик можно рекомендовать для использования с плёнками, чья плотность не превышает 3,5 е.о.п.

Яркость лампы, у.е.	Пространственное разрешение, dpi	Оптимизация, у.е.	Время
3	600	1	15 сек
3	600	3	2,5 мин
5	600	3	6 мин 40 сек
10	600	1	9 мин 40 сек
3	600	5	10 мин
3	1200	3	11 мин
7	600	3	11 мин
5	600	5	21 мин
3	1200	5	25 мин
10	600	3	39 мин
10	600	5	2 часа 4 мин
10	1000	5	6 часов 5 минут

Таб. 4 — Скорость работы оцифровщика при различных значениях пространственного разрешения, яркости лампы и параметра интегрирования.

Список использованной литературы

1. Международный стандарт ISO-14096-1, Non-destructive testing – Qualification of radiographic film digitization systems – Part1:

Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control. 2005-06-15.

2. Международный стандарт ISO-14096-2, Non-destructive testing – Qualification of

radiographic film digitization systems – Part2: Minimum requirements. 2005-06-15.

3. Gavin Lin, "Evaluation of the Digitizer" MII-900+", 2012.03.23



21-23 ноября 2012г.
НИЖНЕВАРТОВСК.НЕФТЬ.ГАЗ.
VI-я специализированная выставка

(3462) 52-00-40, 32-90-60

e-mail: sharifullin@yugcont.ru, www.yugcont.ru