

2. Беспроводная передача электричества по теории Тесла // Автоматизация и электрика – Режим доступа. – URL: // <http://www.asutpp.ru/besprovodnaya-peredacha-elektrichestva.html>

3. Беспроводное электричество // Будущее сейчас [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: // <http://futurenow.ru/besprovodnoe-elektrichestvo?scn=1>

4. Беспроводная передача электричества // Занимательная физика [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: <http://school1nv.ucoz.ru/Zanimat/contents/invention/2tok/tok.htm>

МЕТРОЛОГИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Апотин В. С.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Батрагин А. В., младший научный сотрудник
Российско-китайской научной лаборатории радиационного контроля и
досмотра*

Рентгеновские томографы в последнее время стали использоваться как измерительные системы, что привело к необходимости определения и стандартизации их метрологических характеристик.

Основными нормативными документами, регламентирующими использование, а также характеристики рентгеновских томографических систем являются ISO 15708-1 и ISO 15708-2 [1-2]. Также существуют документы международной организации ASTM (American Society for Testing and Materials), но все они ссылаются на данные стандарты.

Основными измеримыми параметрами изображений, пришедших из радиографии и используемых в томографии, отражающих качество данной систему КТ являются: пространственное разрешение и контрастная чувствительность.

Пространственное разрешение томографических изображений зависит от большого числа факторов. Одним из определяющих является базовое пространственное разрешение цифрового детектора, которое измеряется непосредственно по радиографическому снимку, как правило, с помощью дуплексного проволочного эталона [3]. Данная характеристика показывает размер элемента, который может быть обнаружен без использования проекционного увеличения.

Контрастная чувствительность в многом зависит от отношения сигнал-шум (ОСШ) или *англ.* signal-to-noise ratio (SNR). Оно также

определяется по радиографическим снимкам и является отношением среднего значения сигнала детектора к стандартному отклонению в некоторой области изображения [3].

Однако прямое измерение пространственного разрешения и контрастной чувствительности в случае томографии затруднено по ряду причин. Поэтому стандартами предусматривается определение данных характеристик с использованием косвенного измерения – а именно, с помощью определения функции передачи модуляции (ФПМ) [4-5]. Для установления ФПМ существующей томографической установки необходимо определить взаимосвязанные характеристики: функцию распределения точки (ФРТ) и функцию отклика границы (ФОГ).

В качестве тест-объекта выступает цилиндр с гладкой, ровной поверхностью. По томограмме тест-объекта вычисляется отклик границы. Производная от этой величины представляет собой ФРТ. В свою очередь ФПМ – это преобразование Фурье от ФРТ. Функционально ФПМ увязывает пространственное разрешение и контрастную чувствительность системы визуализации, к которым относятся рентгеновские томографы.

На рис. 1 представлен интерфейс программы для определения ФПМ томографических установок. В левой части – изображение тест-объекта, в правой – графики ФОГ, ФРТ и ФПМ (справа внизу). По оси абсцисс откладывается пространственное разрешение в парах линий на мм, по оси ординат – относительный контраст от 0 до 1. Предельным пространственным разрешением является точка на ФПМ при контрасте 0,1 [4-5]. Из рис. 1 следует, что для данного томографического снимка разрешение составляет около 4 пар линий на мм.

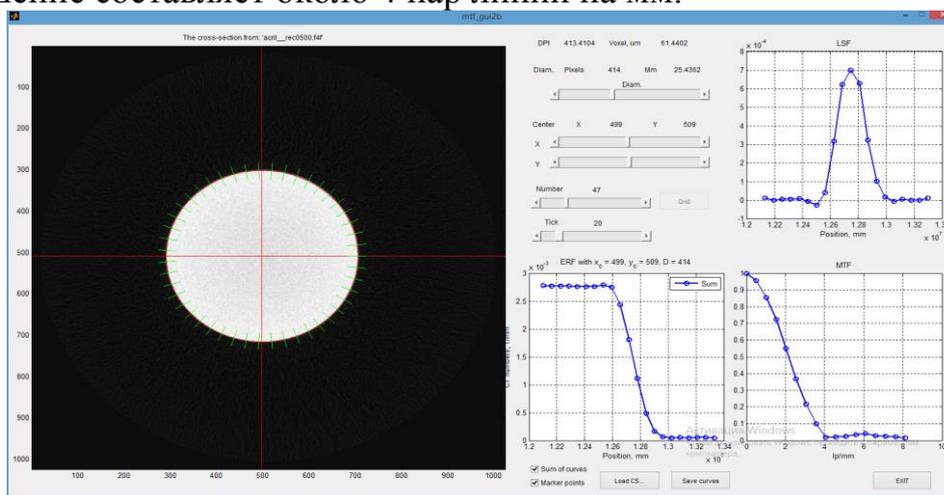


Рисунок 1 – Интерфейс программы для расчета ФПМ

Отдельно была исследована контрастная чувствительность детектора и линейность передачи сигнала в зависимости от уровня

детектируемого излучения и значения ускоряющего напряжения рентгеновской трубки.

В качестве тест-объекта была использована «лесенка» – пирамида, толщина которой ступенчато изменяется в одном направлении (см. рис. 2). Тест-объект выполнен из оргстекла, размеры приведены в таблице 1.

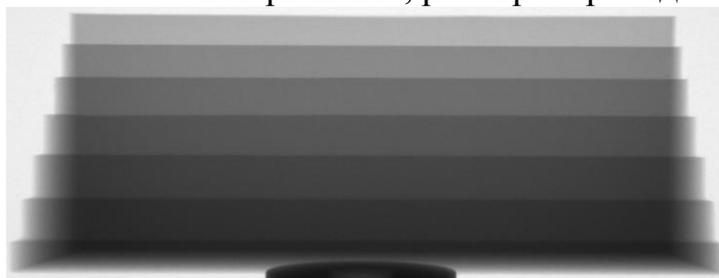


Рисунок 2 – Рентгенограмма тест-объекта «лесенка»

Таблица 1. Размеры тест-объекта

№	Ширина, мм	Высота, мм
1	9,7	57,9
2	19,5	49,9
3	29,9	42,1
4	39,7	32,6
5	50	24
6	59,5	15
7	70	6,6

Проекции тест-объекта были получены при разных значениях напряжения, тока трубки и разном времени экспозиции. Всего было проведено 5 опытов. График зависимостей ОСШ от толщины при различном напряжении представлен на рис. 3.

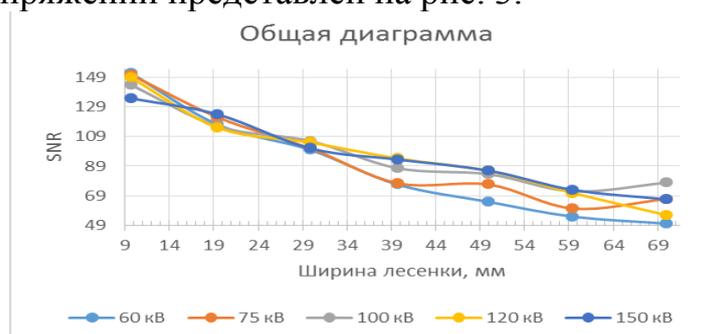


Рисунок 3 – Зависимость ОСШ от толщины тест объекта при различном ускоряющем напряжении трубки

График зависимости уровня сигнала детектора от ослабляющей толщины при различном ускоряющем напряжении приведен на рис. 4.

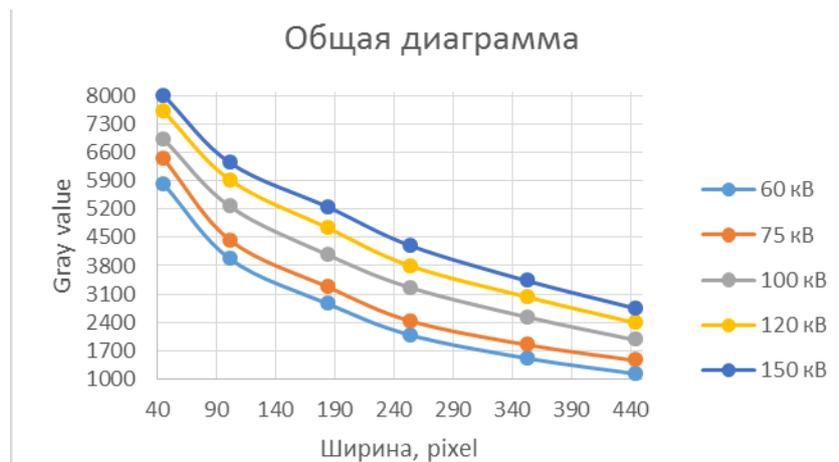


Рисунок 4 – Величина сигнала детектора в зависимости от толщины материала при различном ускоряющем напряжении

На основании полученных результатов, можно сделать вывод, что контрастная чувствительность детектора принимает более линейный вид при увеличении напряжения, но имеет некоторые отклонения на режимах работы в 75 и 100 кВ. Насыщение детектора изменяется прямо пропорционально увеличению ускоряющего напряжения, так же на основании рис. 4 можно сделать вывод, что при увеличении напряжения, границы тест-объекта становятся более четкими.

Список информационных источников

1. ISO 15708-1, "Non-destructive testing - Radiation methods - Computed tomography - Part 1: Principles", ISO 2002
2. ISO 15708-2, "Non-destructive testing - Radiation methods - Computed tomography - Part 2: Examination practices", ISO 2002
3. ISO 17636-2 - 20 "Non-destructive testing of welds - Radiographic testing - Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors", ISO 2013
4. ASTM Standard E1695-95 (2006) "Standard Test Method for Measurement of Computed Tomography (CT) System Performance"
5. ASTM Standard E1441-11 "Standard Guide for Computed Tomography (CT) Imaging"
6. В. И. Кузичев Частотно-контрастная характеристика // Фотокинотехника: Энциклопедия / Главный редактор Е. А. Иофис. — М.: Советская энциклопедия, 1981