

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ КОМПТОНОВСКОГО ГАММА-ИНТРОСКОПА

© 2021 г. Евгения Александровна Купчинская<sup>1\*</sup>, О. В. Игнатъев<sup>1</sup>, А. В. Купчинский<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> – *Уральский федеральный университет, 620002 Екатеринбург, ул. Мира, 21*  
\* - *e.a.kupchinskaya@urfu.ru +7 (950) 65 60 164*

Исследуемый  $\gamma$ -интроскоп предназначен для поиска субмиллиметровых дефектов в массивных металлических изделиях ( $Z \geq 80$ , толщина порядка 100 мм). Особенностью реализованного в нем способа визуализации [1] является режекция  $\gamma$ -квантов, рассеянных в объекте контроля. Это позволяет принципиально улучшить изображение по сравнению с традиционными способами.

Режекция рассеянных  $\gamma$ -квантов обеспечивается за счет отбора событий по энергии (исследуемое изделие облучается источником  $^{60}\text{Co}$ ). Ключевой, сцинтилляционный позиционно-чувствительный детектор (детектор-рассеиватель) установки измеряет как точку попадания гамма-квантов так и их энергию.

Детектор-рассеиватель сконструирован на основе протяженного кристалла  $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$  в виде цилиндра с высотой 5 мм и диаметром 55 мм. Сигнал регистрируется матрицей фотосенсоров  $8 \times 8$ , каждый размером  $6 \times 6$  мм. Для каждой сцинтилляционной вспышки по данным матрицы вычисляется положение этой вспышки.

Созданная установка [2] характеризуется пространственным разрешением  $400 \pm 100$  мкм. Целью исследования стало изучение возможностей улучшения разрешения в рамках уже сконструированной установки, а также определение предельного значения, которое может быть получено при конструировании следующей.

Для поиска и определения факторов, наиболее влияющих на пространственное разрешение, была построена модель детектора с использованием пакета GEANT4. Пространственное разрешение в компьютерной модели интроскопа составило 500 мкм в центре поля зрения. Для корректного определения координат точки взаимодействия в сцинтилляторе было исследовано несколько алгоритмов восстановления координат, из которых был выбран наилучший (по линейности координат и пространственному разрешению), использовавшийся в дальнейших расчетах.

Результаты исследования для различных параметров сцинтиллятора приведены в табл. 1. Разрешение измерялось в центре поля зрения интроскопа ( $\varnothing 40$  мм).

**Предельное улучшение пространственного разрешения при изменении параметров  
сцинтиллятора**

Параметр сцинтиллятора	Возможные изменения	Улучшение пространственного разрешения, %
толщина	уменьшение толщины до 1 мм и менее	50
диаметр	увеличение диаметра до 60 мм	2 (в центре изображения) 10 (на расстоянии 20 мм от центра изображения)
форма	замена цилиндрического сцинтиллятора на квадратный той же толщины	2
световыход	увеличение световыхода до 120 фотонов/кэВ	27

Изменение параметров сцинтиллятора оказывает наибольшее влияние на пространственное разрешение детектора. Помимо указанных факторов были исследованы влияния параметров фотосенсоров (главным образом размер и величина зазора между фотосенсорами, поскольку эффективность регистрации рассматривалась в совокупности со световыходом сцинтиллятора), непараллельности исходного пучка, выбора алгоритма расчета координат. Все указанные факторы при изменении в максимальных пределах дают улучшение пространственного разрешения в пределах 3%, то есть не оказывают существенного влияния.

По результатам исследования оказалось, что пространственное разрешение детектора  $\gamma$ -интроскопа может быть наиболее эффективно улучшено (до 200-250 мкм) за счет уменьшения толщины сцинтиллятора. Однако при этом более чем в 5 раз уменьшается эффективность регистрации. Также пространственное разрешение может быть улучшено за счет увеличения числа регистрируемых фотонов (главным образом за счет использования сцинтиллятора с большим световыходом). Прочие пути улучшения пространственного разрешения не являются эффективными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2680849, G01T 1/36. Способ гамма-радиографической интроскопии / *Игнатъев О.В., Горбунов М.А., Морозов С.Г., Купчинская Е.А., Купчинский А.В., Пулин А.А., Дудин С.В., Фофанов Д.А.* Оpubл. 28.02.2019. Бюл. № 7. 2 с.
2. *Горбунов М.А., Дудин С.В., Игнатъев О.В., Купчинская Е.А., Купчинский А.В., Морозов С.Г., Пулин А.А.* Новый способ и установка высоко разрешающей  $\gamma$ -радиографической интроскопии массивных изделий и заготовок из тяжелых металлов. Первые результаты применения // Дефектоскопия. 2019. № 10. С. 50—60.