

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА УГЛОВ СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ
ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА**

И.Б. Данилова, А.А. Красных, И.А. Милойчикова

Научный руководитель: к.ф.-м.н. С.Г. Стучебров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: irisna2809@gmail.com

**DETERMINATION OF OPTIMAL SCANNING ANGLES NUMBER TO MEASURE ELECTRON
BEAM FLUX DENSITY DISTRIBUTION**

I.B. Danilova, A.A. Krasnykh, I.A. Miloichikova

Scientific Supervisor: PhD S.G. Stuchebrov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: irisna2809@gmail.com

***Abstract.** This paper presents the possibility of the electron beam cross-sectional flux density reconstruction using the inverse Radon transform. Based on obtained data we determine optimum number of the projections for a reliable reconstruction.*

Введение. При использовании ионизирующего излучения в медицинских целях, а также для плавки сверхчистых металлов и для решения других задач, существует необходимость контроля пространственных характеристик пучка [1, 2]. Наиболее полное представление о таких параметрах электронного пучка можно получить с помощью измерения распределения плотности потока частиц в поперечном сечении. Существует несколько общепринятых подходов к определению данной характеристики. Один из них основан на использовании матричных детекторов, которые позволяют измерять пространственные характеристики пучка мгновенно. Недостатком такого определения распределения плотности потока частиц является низкое разрешение получаемых данных [3]. Другой подход основан на использовании дозиметрических пленок, которые позволяют получать пространственные характеристики пучка с высокой точностью, однако, они ограничены дозовыми характеристиками пучка и являются одноразовыми, что ограничивает возможность их повсеместного применения [4]. В работе [5] был предложен метод математической реконструкции распределения плотности потока электронов в поперечной плоскости при помощи обратного преобразования Радона на основе данных многоуглового сканирования пучка тонким детектирующим элементом. Целью данной работы стало определение минимального количества углов сканирования пучка для оптимизации проведения измерений распределения плотности потока электронов в поперечной плоскости предложенным методом.

Материалы и методы. Качество реконструкции зависит от количества исходных данных. Однако при увеличении количества направлений сканирования, также увеличивается время и сложность обработки данных. Поэтому необходимо определить минимальное количество направлений сканирования пучка, достаточное для измерения распределения плотности потока частиц в поперечном

сечении. Для этого проводится математическая реконструкция тестовых изображений при помощи обратного преобразования Радона в программном пакете *MatLab*.

Результаты и обсуждения. На первом этапе работы для проверки результатов математической реконструкции, осуществляемой обратным преобразованием Радона, было сформировано тестовое изображение, состоящее из двух прямоугольников различной яркости. Далее с учетом того, что полный угол смещения должен быть не менее 180° , были получены проекции тестового изображения, из которых при помощи обратного преобразования Радона реконструировались исходные данные. Результаты реконструкций, полученные с разным шагом и под разными углами, представлены на рисунке 1.

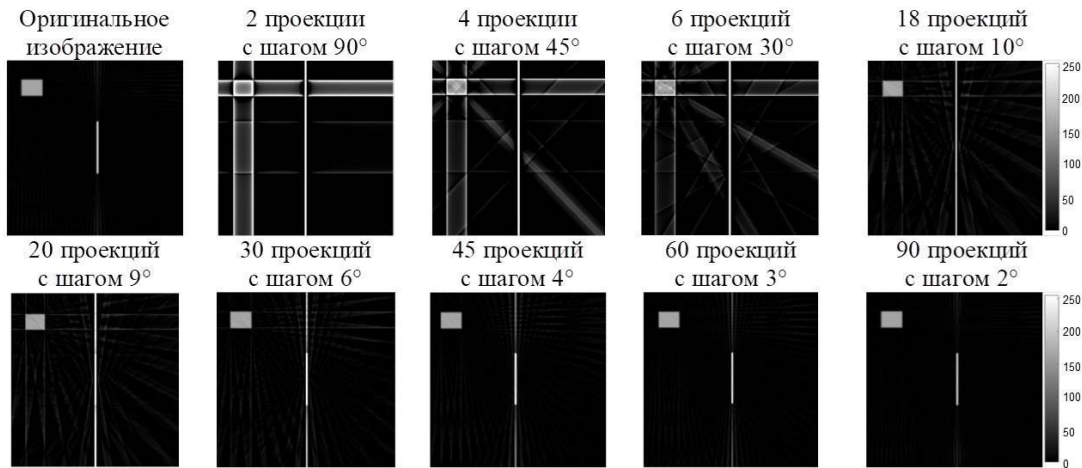


Рис. 1. Реконструкция простого изображения обратным преобразованием Радона

Из полученных распределений видно, что в программном пакете *MatLab* существует возможность получать проекционные изображения, задавая направления и углы сканирования, и на их основе восстанавливать изображение, используя обратное преобразование Радона.

На втором этапе работы для реконструкции было выбрано тестовое распределение, формула которого представлена ниже.

$$f(x, y) = x \cdot e^{-x^2 - y^2}.$$

На рисунке 2 представлен график функции двух переменных в трехмерном и в преобразованном для дальнейшей работы двумерном виде.

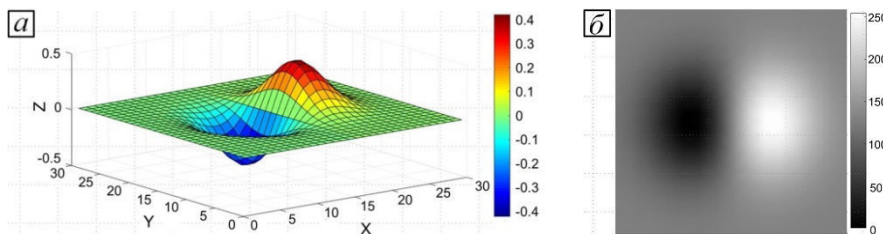


Рис. 2. График функции двух переменных в а) трехмерном и б) двумерном виде

Из данных, представленных в двумерном виде (рисунок 2б), были получены проекции на выбранной плоскости, в которых угол смещения направлений проецирования определялся выбранным количеством проекций и с полным углом смещения 180° . Затем из полученных проекций при помощи

обратного преобразования Радона реконструировались данные. Результаты реконструкций, полученных из разного количества проекций, представлены на рисунке 3.

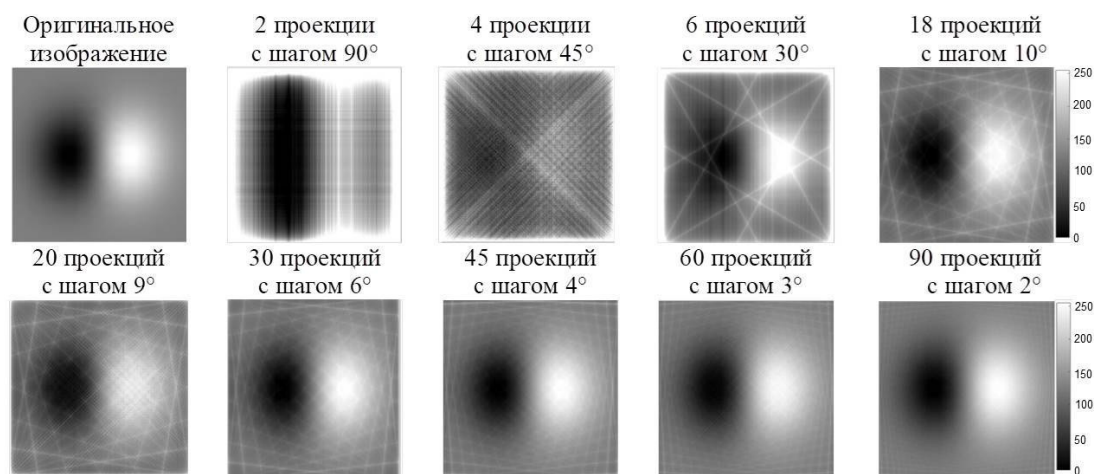


Рис. 3. Результаты реконструкции простого распределения обратным преобразованием Радона

Видно, что при уменьшении количества проекций результат реконструкции резко ухудшается, из чего можно сделать вывод, о том, что минимальное количество проекций для сложных распределений должно быть не меньше 10. На основе полученных данных и в соответствии с необходимой точностью измерений, для дальнейшей работы предлагается разрабатывать устройство сканирования, позволяющее получать данные в 20 направлениях с шагом смещения 9° и полным углом смещения 180° .

Заключение. В данной работе определено оптимальное количество сканирований распределения плотности потока электронов в поперечной плоскости необходимое для качественной математической реконструкции, осуществляемой обратным преобразованием Радона, которое составило 20 сканирований с шагом смещения 9° и полным углом смещения 180° . Расчетные данные показывают возможность создания устройства для многоугольного сканирования пучка электронов без использования расходных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов А.В. Ускорители в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.ihep.su/library/pubs/aconf96/ps/c96-198.pdf>
2. Бочаров А.Н. Контроль геометрических параметров электронного пучка при электронно-лучевой сварке: Автореф. дис. канд. тех. наук. – Красноярск, 2005. – 20 с.
3. StarTrack Detector with OmniPro Advance Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meditron.ch/radiation-therapy/index.php/hikashop-menu-for-categories-listing/product/84-startrack-detector-with-omniopro-advance-software>
4. Технология пленочной дозиметрии GAFCHROMIC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gafchromic.ru/?yclid=1135545137855466433>
5. Stuchebrov S.G., Miloychikova I.A., Batranin A.V., Danilova I.B., Krasnykh A.A., Kudrina V.A. Development of the method for the electron beam spatial distribution determination in the transverse plane // AIP Conference Proceedings. - 2016 - Vol. 1772, Article number 060016. - p. 1-7.