

Из зависимости блока детектирования видно, что изменение скорости счета в диапазоне от -45°C до $+45^{\circ}\text{C}$ будет несущественным. Статистическая погрешность в каждой температурной точке составляет не более $\pm 1\%$.

Поскольку анализатор является установкой, в которой используются радионуклидные источники гамма-излучения и нейтронов, прибор должен быть аттестован на радиационную безопасность в соответствии с требованиями Норм радиационной безопасности (НРБ-99) и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99).

Показания дозиметра в любой части наружной поверхности установки и на расстоянии один метр от нее не должны превышать значений, указанных в НРБ-99, и именно 100 мЗв/ч на поверхности и 3 мЗв/ч на расстоянии одного метра. Проведена проверка соблюдения этих требований при подборе активности источников и размеров биологической защиты в анализаторе АНКР-2М.

Список литературы

1. Орлов Л.И., Карпов Е.Н., Топорков В.Г. Петрофизические исследования коллекторов нефти и газа. – М.: Недра, 1987. – 341 с.
2. Гилатуддинов М.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного пласта. – М.: Недра, 1982. – 256 с.
3. Воробьев В.А., Горшков В.А., Шеломанов А.Е. Гамма – плотнометрия. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 149 с.
4. Источники альфа, бета, гамма – и нейтронного излучений: каталог. – М.: Изд-во В/О «Изотоп», 1980. – 219 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАТНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ ДЛЯ КОМПТОНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ

С.В. Кривовяз, Б.И. Капранов
Томский политехнический университет
Россия, 643028 г. Томск
ул. Савиных – 7, НИИ интроскопии
Tel: +7 (3822) 417307, Fax: +7 (3822) 420075

В последнее время компьютерные технологии получили наиболее широкое развитие. Успехи в создании компьютерных вычислительных систем послужили толчком для развития средств компьютерной томографии (КТ). Применение данного метода обусловлено принципиально новыми возможностями для НК: способность воспроизводить внутреннюю структуру толстых, неоднородных промышленных изделий сложной формы без взаимного наложения теней различных элементов; большую, чем у традиционной радиографии, чувствительность к локальным нарушениям сплошности, включениям, разности плотностей и малым отклонениям геометрической формы.[1] Кроме того, не менее важной частью компьютерных систем НК является математическое и программное обеспечение, которое позволяет не только представить наиболее адекватное изображение объекта, но и значительно ускорить сам процесс контроля.[1,2].

В основе большинства трансмиссионных томографов лежит идея, состоящая в том, что внутреннюю структуру объекта можно представить получив ряд параллельных поперечных сечений. Поэтому главная задача компьютерной томографии состоит в получении двумерного (плоского) изображения поперечного сечения исследуемого объекта, которая и

будет рассмотрена далее. Метод получения двумерного томографического изображения содержит два этапа. На первом этапе формируются проекционные данные, на втором по проекционным данным восстанавливается изображение поперечного сечения.

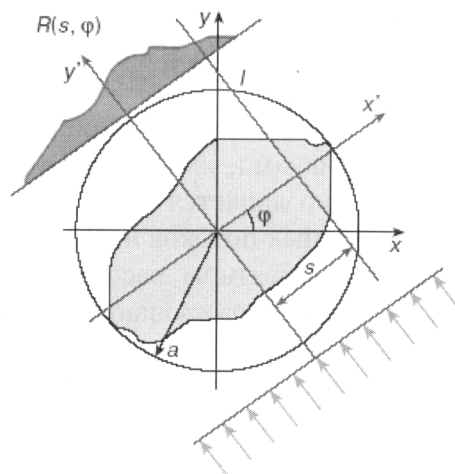


Рис. 1. Схема получения проекций

Чтобы определить внутреннюю структуру объекта, необходимо получить информацию о ней. Для этого используется излучение, проникающее сквозь объект. Пусть необходимо определить плотность распределения вещества $f(x, y)$ в сечении объекта. Исследуемый объект в пределах тонкого поперечного слоя просвечивается, например, параллельным пучком хорошо сфокусированных рентгеновских лучей. Направление лучей составляет некоторый угол φ с осью x . Лучи ослабляются веществом, находящимся внутри объекта, пропорционально его плотности. С противоположной стороны объекта располагается устройство, регистрирующее интенсивность каждого луча, прошедшего через объект.

Наиболее простым алгоритмом для получения информации о внутренней структуре объекта по полученным данным является алгоритм обратного проецирования. Алгоритмы реконструкции с использованием только обратного проецирования в общем случае не позволяют получать такие же хорошие изображения, как и те, которые получают другими, более сложными алгоритмами реконструкции.

Суть алгоритма обратного проецирования в том, что оценку плотности в любой точке находят путем сложения лучевых сумм для всех лучей, проходящих через данную точку.

Для реализации алгоритма обратного проецирования необходимо найти функцию $F(r, \varphi)$ двух полярных переменных, значения которой в любой точке $(r = (x^2 + y^2)^{1/2}, \varphi = \arctg(y/x))$ вычисляется следующим образом

$$F(r, \varphi) = \int_0^{\pi} R(r \cdot \cos(\theta - \varphi), \theta) d\theta \quad (1)$$

Метод, который используется для численного вычисления величины данного интеграла, состоит из двух этапов.

Сначала аппроксимируется правая часть выражения (1) суммой (2), которую называют суммой Римана для данного интеграла, а потом проводится оценка для каждого значения m величины $R(r \cos(m\Delta - \varphi), m\Delta)$ по известным значениям R путем интерполирования.

$$\Delta \sum_{m=0}^{M-1} R(r \cdot \cos(m\Delta - \varphi), m\Delta) \quad (2)$$

Так как в системы сбора информации используется большое количество детекторов, поэтому функция $R(s, \theta)$ известна в точках с координатами (nd, mD) , где $-N < n < N$, $0 < m < (M-1)$ и $MD = p$ (n – шаг переменной s ; m – шаг ракурса).[3]

Данный подход как уже было сказано выше реализуется в трансмиссионной томографии, однако в комптоновской томографии в основном применяется сканирование с помощью тонкого узконаправленного пучка и изображение объекта реконструируют просто по точкам.

Комптоновское рассеяние – один из основных процессов взаимодействия рентгеновского и гамма-излучения с материалами, имеющими малый атомный номер. В области энергий от 0,01 до 1,0 МэВ оно является главным процессом взаимодействия, приводящим к формированию рассеянных потоков и, в том числе, рассеянных назад.

Томография на комптоновском обратном рассеянии обладает преимуществами при решении некоторого класса задач неразрушающего контроля (односторонность доступа, неоднородные материалы, невозможность механического контакта с объектом контроля) и поэтому имеет свою область применения.

Разрешающая способность таких систем, как правило, не так велика. Анализ показывает, что для расширения сферы применения комптоновской томографии необходимо развивать математику и программную часть реконструкции.

Использование для комптоновской томографии алгоритмов реконструкции ранее применявшихся для трансмиссионной томографии становится возможным при использовании щелевых коллиматоров для формирования пучка излучения. Схема принципа получения альбедных сумм с помощью щелевых коллиматоров изображена на рис. 2

Излучение от источника излучения с веерным пучком S проходит через первичный коллиматор 1, который имеет ленточный вид (щель). На плоскости реконструкции ленточный детектор 4 регистрирует полный рассеянный поток, пройденный через вторичный коллиматор, с линии рассеяния 3. В процессе измерений коллимированный источник излучения с веерным пучком S перемещается поступательно относительно изделия в направлении оси x . Число отсчетов равно числу шагов. После каждого цикла таких измерений объект (или сканирующую систему) поворачивают на три градуса по шкале углов, и цикл измерений повторяют в новом ракурсе.

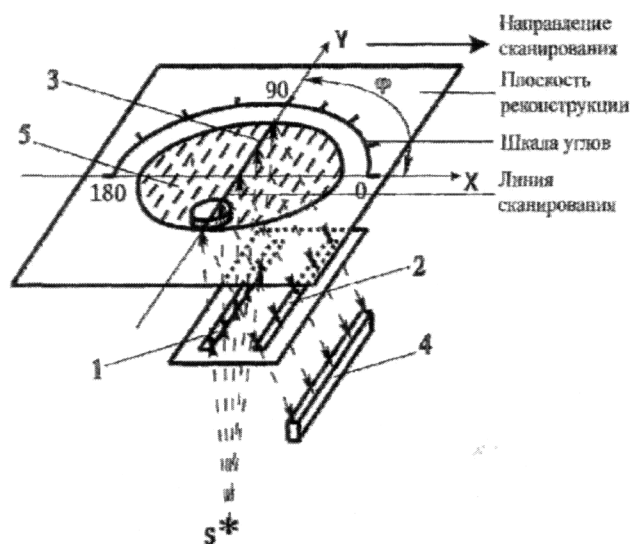


Рис. 2. Схема сканирования с получением альбедных сумм:
1,2 – соответственно, первичный и вторичный коллиматоры;
3 – линия рассеяния; 4 – детектор; 5 – тест-объект

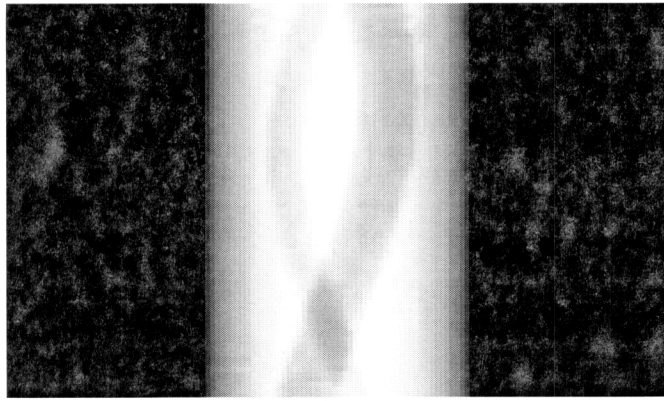


Рис. 4. Синограмма смоделированных данных

Затем был применен алгоритм реконструкции изображений методом обратного проецирования.

$$[Bp](x, y) = \int_0^\pi R(x \cdot \sin \varphi + y \cdot \cos \varphi, \varphi) d\varphi. \quad (3)$$

Правую часть выражения аппроксимирует суммой Римана для данного интеграла

$$\Delta \sum_{m=1}^{M-1} R(x \cdot \sin(m\Delta) + y \cdot \cos(m\Delta), m\Delta), \quad (4)$$

а затем производится оценка для каждого значения m величины $R(x \cdot \sin(m\Delta) + y \cdot \cos(m\Delta), m\Delta)$ по известным значениям $R(nd, m\Delta)$ ($-N \leq n \leq N$) путем интерполирования, n выбирают так, чтобы

$$nd < x \cdot \sin(m\Delta) + y \cdot \cos(m\Delta) < (n+1)d,$$

и вычисляют $R(x \cdot \sin(m\Delta) + y \cdot \cos(m\Delta), m\Delta)$ по формуле:

$$\frac{(n+1)d - x \cdot \sin(m\Delta) - y \cdot \cos(m\Delta)}{d} \cdot R(nd, m\Delta) + \frac{x \cdot \sin(m\Delta) + y \cdot \cos(m\Delta) - nd}{d} \cdot R((n+1)d, m\Delta) \quad (5)$$

На рис. 5 представлены модель слоя объекта и его реконструированное изображение.

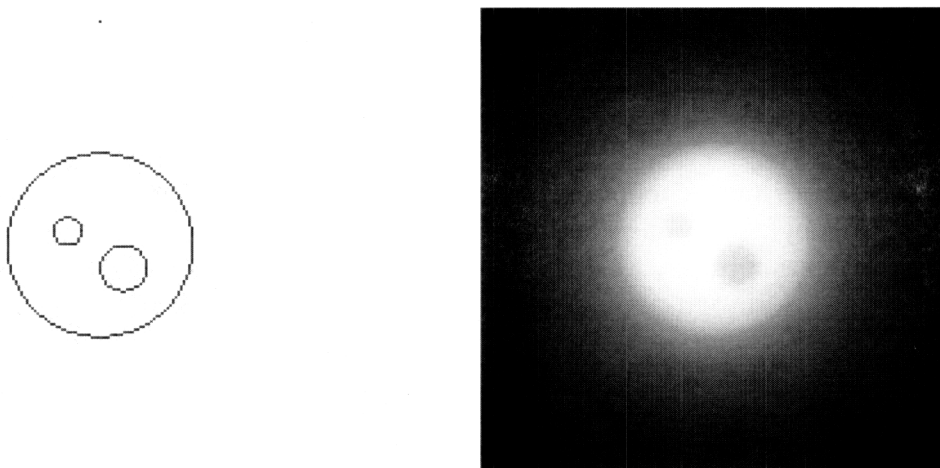


Рис. 5. Объект и его томограмма

Как видим полученное изображение адекватно передает характерные особенности внутренней структуры объекта. Целесообразно использовать полученный алгоритм лишь как основу более сложного алгоритма, позволяющего получать более точные изображения. Представленные схема сканирования и модифицированный алгоритм рекон-

струируют один слой объекта. Для получения полной томографической картины требуется применить алгоритм к данным, получаемым из каждого слоя.[4]

Таким образом, предложенная схема сканирования для комптоновского томографа позволяет применять алгоритм реконструкции методом обратного проецирования в комптоновской томографии. Использование алгоритмов реконструкции в комптоновской томографии позволит повысить разрешающую способность метода за счет математического восстановления данных в каждой точке объекта.

Список литературы

1. Сизиков, Валерий Сергеевич. Математические методы обработки результатов измерений: учебник / В.С. Сизиков. – СПб.: Политехника, 2001. – 240 с.: ил.
2. Неразрушающий контроль и диагностика / под ред. Сухорукова том 5.
3. Хермен, Габор. Восстановление изображений по проекциям: Основы реконструктивной томографии / пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 349 с.
4. Кривовяз С.В. Схема сбора данных и алгоритм реконструкции по обратным проекциям для комптоновской томографии // Сборник материалов конференции «Современные техника и технологии 2006» – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.

МЕТОД РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕНТГЕНОВСКИХ И ГАММА ДЕТЕКТОРОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ ДО 1 МЭВ

А.Ю. Портной, Г.В. Павлинский**, М.С. Горбунов***

** Иркутский государственный университет путей сообщения, portnoyalex@yandex.ru*

*** НИИ прикладной физики Иркутского государственного университета*

Для большого класса работ, связанного с проектированием аппаратуры, использующей рентгеновское излучение, необходимо иметь предварительную информацию о регистрируемом сигнале, формирующем как полезный сигнал, так и сопутствующий ему фон.

Данная работа направлена на моделирование характеристик детектора, обусловленных процессами переноса излучения и электронов в детекторе.

Излучение, сформировавшееся в результате взаимодействия первичного излучения с образцом, попадает в детектор рентгеновского излучения. В детекторе происходят те же самые процессы, которые происходят и в веществе (фотопоглощение, когерентное и некогерентное рассеяние). В результате подобных взаимодействий фотон, попавший в детектор с энергией E_{det} может быть полностью поглощен, преобразовавшись в поток электронов, которые в дальнейшем дадут импульс тока с зарядом $Q_{det}=C \cdot E_{det}$, (C – коэффициент пропорциональности) и будут зарегистрированы аппаратурой как импульс напряжения, соответствующий E_{det} . В то же время фотон может быть рассеян веществом детектора, и покинуть его с энергией E_{det_out} . Тогда оставшиеся в детекторе свободные электроны, будут зарегистрированы как фотон с энергией $E_{det}'=E_{det}-E_{det_out}$. В этом случае при регистрации образуется пик потерь в результате фотопоглощения с последующей флуоресценцией и «горб потерь» («антикомптоновский пик») в результате комптоновского рассеяния.

Для численной оценки результатов многократных взаимодействий излучения с веществом детектора был применен метод Монте-Карло, который позволяет учесть геометрические особенности детектора и возможность многократных взаимодействий. При большом количестве испытаний (10^6) точность этого метода становится вполне приемлемой.