

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОМОГРАФИЯ. МЕТОД ДУАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Цель работы — разработка алгоритмов определения пространственного распределения эффективного атомного номера и плотности веществ, входящих в состав исследуемого объекта.

Для тестирования метода использовался симулятор промышленного рентгеновского томографа.

Идея метода дуальной энергии заключается в следующем. Система сканирования рентгеновского томографа позволяет регистрировать изменения интенсивностей потоков гамма-квантов на протяжении области, ограниченной поперечным размером среза исследуемого объекта. Сканирование производится при пошаговом повороте объекта на 360° . Первичная обработка полученных проекционных данных позволяет получить характеристику пространственного распределения коэффициентов ослабления. Этот процесс производится для двух рентгеновских спектров. Далее, используя базы данных сечений взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, производится теоретическая оценка пространственного распределения коэффициентов ослабления для различных веществ. Минимизируя функционал, представленный через разницы экспериментальных значений характеристик коэффициентов ослабления и теоретических оценок, получают распределения плотности и эффективного атомного номера, которые являются оптимальным приближением к соответствующим реальным значениям этих величин при заданной точности.

Данный метод по своему содержанию может быть модернизирован до более жестких условий при использовании трех и более спектров. Но результаты экспериментов и теоретические оценки показали, что при повышении числа обрабатываемых спектров значительного уменьшения погрешностей не наблюдается (при обработке трёх спектров происходит снижение погрешности менее чем на 0,6% при определении эффективного атомного номера и менее чем на 0,2% при определении плотности). При этом время вычислений увеличивается в десятки раз. Это обстоятельство делает нецелесообразным повышение числа обрабатываемых спектров.

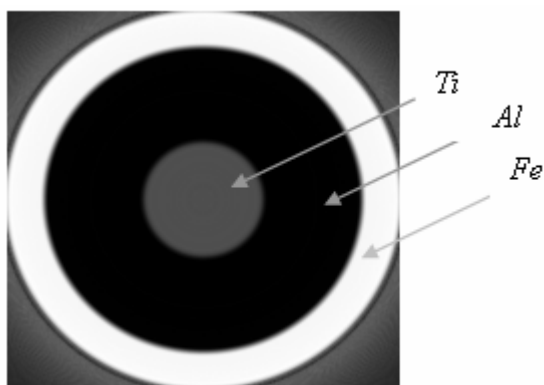


Рис. 1. Пространственное распределение эффективного атомного номера в случае полихроматических спектров

Были проведены тесты метода в случае односоставных и многосоставных объектов.

Метод хорошо проявил себя в случае моноэнергетических спектров. В этом случае во всех точках среза было выявлено практически полное совпадение вычисленных значений эффективных атомных номеров с теми, что были заявлены на тестовых элементах, как в случае односоставных, так и в случае многосоставных объектов.

В качестве односоставного объекта для случая полихроматического спектра был выбран цилиндр диаметром 1см, полностью состоящий из железа. Тест показал, что относительная погрешность определения плотности вещества не превышает 1,5%. В 98% процентах из всех исследуемых точек на срезе объекта был получен порядковый номер элемента, соответствующий железу.

В качестве многосоставного объекта для случая полихроматического спектра был

выбран цилиндр диаметром 1см, состоящий из железа, алюминия и титана. Плотность этих элементов определяется с относительной погрешностью, не превышающей 4%. Для 90% всех исследуемых точек на срезе объекта был получен порядковый номер элементов соответствующих заявленным элементам в тестовом объекте (рис. 1).

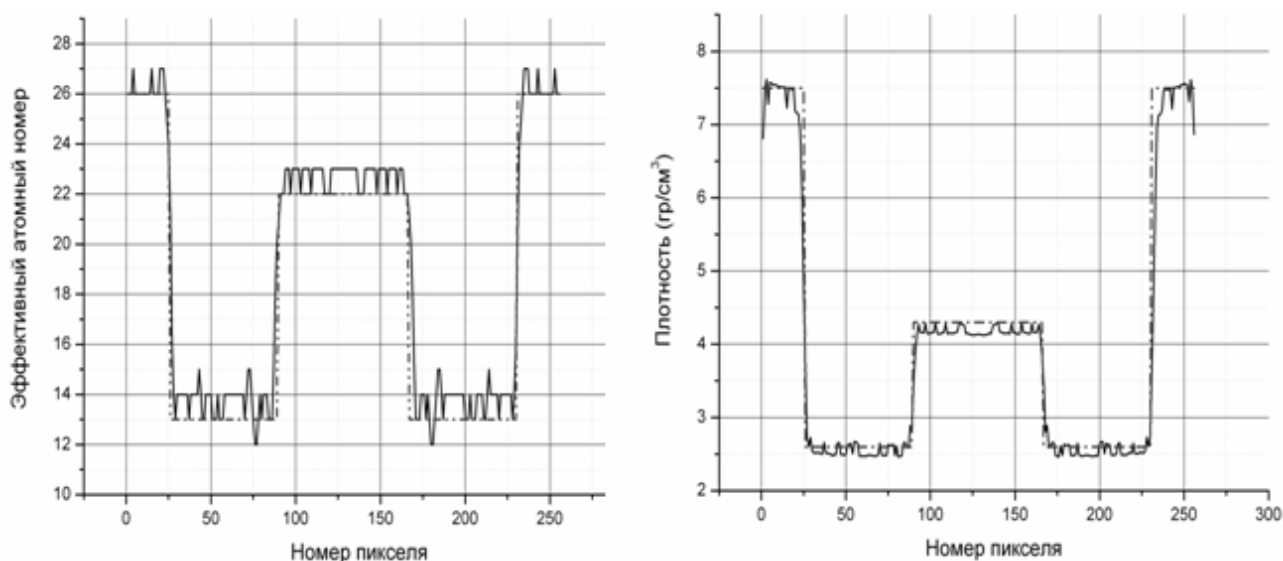


Рис. 2. Профиль центрального сечения среза тестового объекта. Сплошными линиями представлены результаты применения метода дуальной энергии; пунктирными линиями указаны реальные характеристики элементов, входящих в тестовый объект

На рис. 2 представлены распределения плотности и соответствующих эффективных атомных номеров веществ, входящих в тестовый элемент. Сплошными линиями представлены результаты применения метода дуальной энергии, пунктирными линиями указаны реальные характеристики элементов, входящих в тестовый объект. Отклонения на сплошных участках от ожидаемых вызваны шумами в детекторах. Эти трудности в ряде случаев удается преодолеть, применяя различные методы фильтрации.

В методе реализована независимость вычислений распределений плотности и эффективного атомного номера, что позволяет получать результаты для веществ в различных агрегатных состояниях. В качестве объекта для случая полихроматического спектра был выбран цилиндр диаметром 1см, состоящий из железа различных плотностей. Плотность в таком объекте определялась с относительной погрешностью, не превышающей 2%.

Была выявлена удовлетворительная устойчивость метода к малым вариациям (не более 10%, большая ошибка обычно не реализуется) значений границ формы спектра. При внесении ошибки определения границы 6% полученное распределение эффективного атомного номера изменяется на 3%, а плотности на 2%.

Таким образом, алгоритм метода дуальной энергии на начальных стадиях разработок уже проявил себя как достаточно точный, простой в реализации и не требующий больших вычислительных мощностей.