



Рис.1 Модель для исследования скорости распространения SH-волны (а), зависимости фазовой и групповой скорости от угла отклонения траектории распространения волны от образующей трубы (б), диаграммы направленности SH-волны при осевом и азимутальном возбуждении (в)

Разработанная модель и результаты исследований могут быть использованы при разработке и совершенствовании подходов анализа сигналов, создании автоматизированных алгоритмов обработки эхограмм и изображений, получаемых при акустическом волноводном контроле труб.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского Научного Фонда (проект № 18-79-10122).

## Исследование зависимости между выходными сигналами сэндвич-детектора рентгеновского излучения

**Назаренко Светлана Юрьевна<sup>1</sup>**

*Удод Виктор Анатольевич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный Исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Национальный Исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: svetana@mail.ru

В настоящее время для распознавания материала объекта контроля (ОК) с целью обеспечения безопасности пассажирских и грузовых перевозок широко используется метод дуальных энергий (МДЭ) [1,2]. При этом применяются различные подходы к реализации МДЭ. В частности, в работе [3] применялся подход, в соответствии с которым ОК сканируется пучком рентгеновского излучения с единственной максимальной энергией, а излучение регистрируется детекторами, радиационно-чувствительные объемы которых расположены друг за другом по направлению распространения первичных фотонов. При этом в первом детекторе регистрируется в основном мягкая составляющая излучения, а во втором – в основном жесткая.

Цель данной работы заключается в оценке коэффициента корреляции между выходными сигналами сэндвич-детектора рентгеновского излучения. Сэндвич-детекторы – это такие детекторы, которые состоят из двух (или более) детекторных слоев, где верхний слой преимущественно регистрирует низкоэнергетические фотоны, а нижний слой регистрирует отфильтрованный и, следовательно, более жесткий спектр. В некоторых технических реализациях сэндвич-детекторов между слоями детектора вводится тонкий металлический фильтр, чаще всего изготовленный из меди, что увеличивает спектральное разделение излучения, но снижает эффективность дозы [4].

Обозначим через  $B_1(H)$ ,  $B_2(H)$  выходные сигналы соответственно с первого (переднего) и второго (заднего) детекторов в сэндвич-детекторе излучения, сформированные за время  $T$  при наличии ОК;  $B_0(H)$  – суммарный заряд, падающий на сэндвич-детектор за время  $T$  при наличии ОК, который может быть интерпретирован как сигнал на выходе идеального детектора излучения, под которым подразумевается гипотетический детектор полного поглощения, у которого геометрические размеры и расположение идентичны первому (переднему) детектору излучения.

Коэффициент корреляции между сигналами  $B_1(H)$ ,  $B_2(H)$  определяется выражением:

$$r[B_1(H), B_2(H)] = \frac{\text{cov}[B_1(H), B_2(H)]}{\sigma[B_1(H)]\sigma[B_2(H)]} \quad (1)$$

где  $\text{cov}[B_1(H), B_2(H)] = \overline{B_1(H) \cdot B_2(H)} - \overline{B_1(H)} \cdot \overline{B_2(H)}$

– ковариация между сигналами  $B_1(H)$ ,  $B_2(H)$ ;  $\overline{B_1(H) \cdot B_2(H)}$ ,  $\overline{B_1(H)}$ ,  $\overline{B_2(H)}$ , – средние значения

(математические ожидания) произведения  $B_1(H), B_2(H)$  и сигналов  $B_1(H), B_2(H)$  соответственно;  $\sigma[B_1(H)], \sigma[B_2(H)]$  – средние квадратические отклонения сигналов  $B_1(H)$  и  $B_2(H)$  соответственно.

В результате проведенных исследований нами была получена следующая аналитическая оценка ковариации между сигналами  $B_1(H), B_2(H)$ :

$$\text{cov}[B_1(H), B_2(H)] = \frac{\bar{B}_2(H)}{\bar{B}_0(H) - \bar{B}_1(H)} \left\{ \frac{\bar{B}_1(H)}{\bar{B}_0(H)} \sigma^2[B_0(H)] - \sigma^2[B_1(H)] \right\}, \quad (2)$$

где  $\bar{B}_0(H)$  – среднее значение (математическое ожидание) сигнала  $B_0(H)$ ;  $\sigma^2[B_0(H)], \sigma^2[B_1(H)]$  – дисперсии сигналов  $B_0(H)$  и  $B_1(H)$  соответственно.

По формулам (1) и (2) нами были вычислены в программе MathCAD коэффициенты корреляции между выходными сигналами сэндвич-детектора со следующей структурой: первый детектор CsI – промежуточный фильтр (медь) – второй (задний) детектор в виде детектора полного поглощения CsI. Расчеты проведены при максимальной энергии  $E_0 = 140, 150, 160$  кэВ для следующих материалов ОК: пластик, алюминий и железо.

Список публикаций:

[1] Удод В. А., Ван Я., Осипов С. П., Чахлов С. В., Усачев В. Ю., Лебедев М.Б., Темник А.К. // Дефектоскопия. 2016. № 9. С. 11-28.

[2] Осипов С. П., Удод В. А., Ван Я. // Дефектоскопия. 2017. № 8. С. 35-56.

[3] Осипов С. П., Усачев В. Ю., Чахлов С. В., Щетинкин С. А., Камышева Е. Н. // Дефектоскопия. 2018. № 11. С. 57-68.

[4] Fredenberg E. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2018. V. 878. Pp. 74-87.

## **Изменение свойств нанопорошка железа при длительном хранении**

**Назаренко Ольга Брониславовна**

*Сечин Александр Иванович*

*Амелькович Юлия Александровна*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Сечин Александр Иванович, д.т.н.*

*E-mail: olganaz@tpu.ru*

Нанопорошки (НП) металлов в последние годы привлекают внимание исследователей благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам и возможности с их помощью удовлетворить потребности современных отраслей промышленности в высококачественных новых материалах и веществах. НП железа успешно используются для очистки подземных и сточных вод от загрязнителей, в пиротехнических системах, магнитных композитах, биомедицине и катализе. Во время хранения НП металлов под воздействием влажности, температуры, вибрации, света и других факторов в них протекают процессы старения, приводящие к изменению свойств НП металлов, что ограничивает их практическое применение. Кроме того, в связи с высокой реакционной способностью, являются актуальными вопросы обеспечения пожарной и взрывобезопасности производств, связанных с обработкой НП металлов.

Целью работы являлось исследование влияния длительного хранения (18 лет) НП железа, полученного при электрическом взрыве проводников (ЭВП), на термическую стабильность и на характеристики пожароопасности.

НП железа был получен методом ЭВП в аргоне в Томском политехническом университете. Непосредственно после получения был проведен процесс пассивирования НП смесью аргон+0,1 об. % воздуха, что привело к образованию оксидной оболочки. НП железа хранили в закрытом контейнере в естественных условиях в течение 18 лет. Свойства НП железа изучали с помощью рентгенофазового анализа (РФА), сканирующей электронной микроскопии, инфракрасной спектроскопии (ИК), термического анализа. Для оценки пожароопасных свойств НП железа определяли скорость распространения пламени в насыпном слое порошков согласно ГОСТ 10433-88 «Скорость распространения пламени. Приложение 5».

Согласно данным РФА основной кристаллической фазой НП железа является  $\alpha$ -Fe, а оксид железа в поверхностном слое является аморфным, только после хранения в течение 18 лет в НП железа появились рефлексы низкой интенсивности, соответствующие кристаллическому оксиду железа. ИК-