

Рис 2. Заданная (а) форма тестового объекта и восстановление его контура по результатам численного моделирования (б) и изображение восстановленное по экспериментальным данным (в).

#### Список литературы:

- [1] Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С. Неразрушающий контроль объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях // Дефектоскопия, - 2010. - № 11. - С. 29-40.
- [2] Лоскутов В.Е. Магнитный трубный дефектоскоп ДМТП. // Дефектоскопия. -2008.- № 4. С. 78-86.
- Никольский В.В. Теория электромагнитного поля. М. Высш. школа, -1961.- 372 с.
- [3] Javier O. Fava, Maria C. Ruch. Calculation and simulation of impedance diagrams of planar rectangular spiral coils for eddy current testing // NDT&E International 39, - 2006 - pp. 414–424.
- [4] T.P.Theodoulidis, E.E. Kriezis. Impedance evaluation of rectangular coils for eddy current testing of planar media // NDT&E International 35, - 2002 - pp. 407–414.
- [5] Li Shu, Huang Songling, Zhao Wei, Yu Peng. Study of pulse eddy current probes detecting cracks extending in all directions // Sensors and Actuators A 141, - 2008. - pp. 13–19.
- [6] Li Shu, Huang Songling, Zhao Wei. Development of differential probes in pulsed eddy current testing for noise suppression // Sensors and Actuators A 135 – 2007. – pp. 675–679.
- [7] R.J. Ditchburn, S.K. Burke. Planar rectangular spiral coils in eddy-current non-destructive inspection // NDT&E International 38. - 2005. - pp. 690–700.
- [8] Peng Xuan, Songling Huanb , Wei Zhaob. A new differential eddy current testing sensor used for detecting crack extension direction // NDT&E International 44, - 2011. - pp. 339–343.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ БЕТАТРОННОГО ТОМОГРАФА

Кайраларов Данияр Уланович, Мамырбаев Талгат Аскарбекович, Чахлов Сергей Владимирович, Осипов Сергей Павлович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
К.ф. -м.н, заведующий лабораторией РКНЛ РКД Чахлов Сергей Владимирович  
kairalarovd@gmail.com

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к бетатронам средней энергии в связи с возникновением новых направлений их применения. Особо нужно отметить то, что не ослабевает интерес и к малогабаритным бетатронам с максимальной энергией рентгеновского излучения от 1 до 10 МэВ. Эти

бетатроны производятся в Томском политехническом университете и применяются во многих отраслях науки и промышленности.

В последнее десятилетие наметилась тенденция применения компьютерной томографии (КТ) не только в качестве средства визуализации внутренней структуры объектов исследования (ОИ), но и в качестве мощного инструмента решения различных измерительных задач. К таким измерительным задачам относятся, например: оценка координат, линейных размеров, площадей, объемов и масс структурных фрагментов ОИ, пористости, распределения влажности и т. п. В частности, в индустрии строительных материалов КТ применяют для оценки однородности (по плотности, пористости) строительных материалов различного назначения. Томография позволяет оценить удельную поверхность зернового материала, коэффициент заполнения объема и удельное контактное число, это делает ее (КТ) незаменимым средством на стадии отработки технологий производства перспективных материалов, в том числе и пористых, для строительства, авиастроения и ракетостроения.

Наряду с капиллярными и различными реализациями оптических методов контроля особое место КТ приобретает в исследовании поверхностных и приповерхностных слоев, т. к. в результате комплексирования методов повышается степень доверия к результатам контроля. Томография позволяет обнаружить и оценить раскрытие трещин в разнообразных объектах, подвергшихся различного рода физическим воздействиям на ранней стадии развития трещин. Анализируемый метод становится важнейшим средством в научных исследованиях в теории уплотнения, массопереноса, разрушения и т.п.

Из изложенного выше материала следует, что особую значимость приобретают вопросы, связанные с разрешающей способностью систем КТ. Разрешающая способность характеризуется функциями рассеяния точки, линии и функцией передачи модуляции (ФПМ). Указанные функции определяются экспериментально в соответствии со стандартами по определению метрологических характеристик систем: standard E1441-11, standard E1570-11, standard ISO 15708-1, ISO 15708-2.

Пространственное разрешение томографа с конусным пучком измеряется с предварительной фильтрацией излучения (требования стандарта ASTM E1695-95). В качестве ОИ используется стальной цилиндр диаметром 50 мм. Цилиндр размещается в поле зрения системы КТ в центре ступени вращения. Трехмерные КТ-изображения восстанавливаются по необработанным проекционным данным.

Эксперименты проводились на системе micro-CT с конусным пучком высокоэнергетического рентгеновского излучения с максимальной энергией 4 МэВ. Система была разработана и реализована учеными из Томского политехнического университета. Основными компонентами системы являются: детектор – панель Hе2, малогабаритный электронный ускоритель – Betatron MIB 4 и стол вращения. Панель Hе2 (Перкин Элмер, США) имеет размер 2048x2048 пикселей. Размер пикселя детектора 200 мкм. Бетатрон (ТПУ, Россия) имеет фокусное пятно с размерами 0,3 мм по горизонтали и 3 мм по вертикали.

С целью повышения эффективной энергии излучение предварительно фильтровали медной пластиной толщиной 4 мм. На рис. 1 представлены распределения линейного коэффициента ослабления (ЛКО) излучения по центральной части изображения объекта без фильтрации и с фильтрацией.

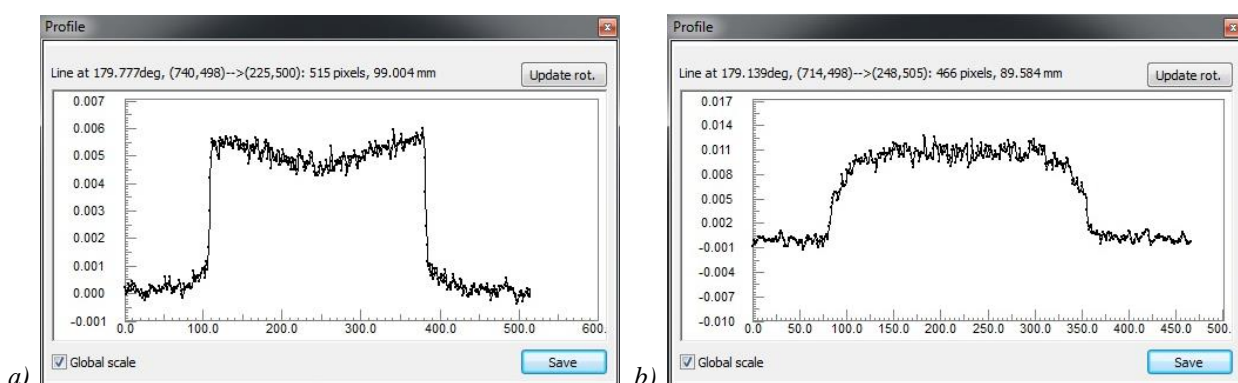


Рис. 1. Распределения ЛКО излучения: а) – без фильтрации; б) – с фильтрацией

Как видно из данных, приведённых на рис. 1, предварительная фильтрация излучения приводит к выравниванию значения ЛКО по сечению объекта и к увеличению однородности изображения.

Проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по оценке функции передачи модуляции высокоэнергетического компьютерного томографа Томского политехнического университета. ФПМ измеряли в плоскости XY, которые проходят через центр окружности (ось вращения является осью Z) с

предварительной фильтрацией пучка. Методика измерения заключалась в следующем: в восстановленных трехмерных изображениях извлекался вспомогательный объем размером  $1024 \times 1024$  пикселей, содержащий изображение цилиндра. На рис. 2 приведены оценки ФПМ, полученные с использованием программного обеспечения от Bruker micro CT.

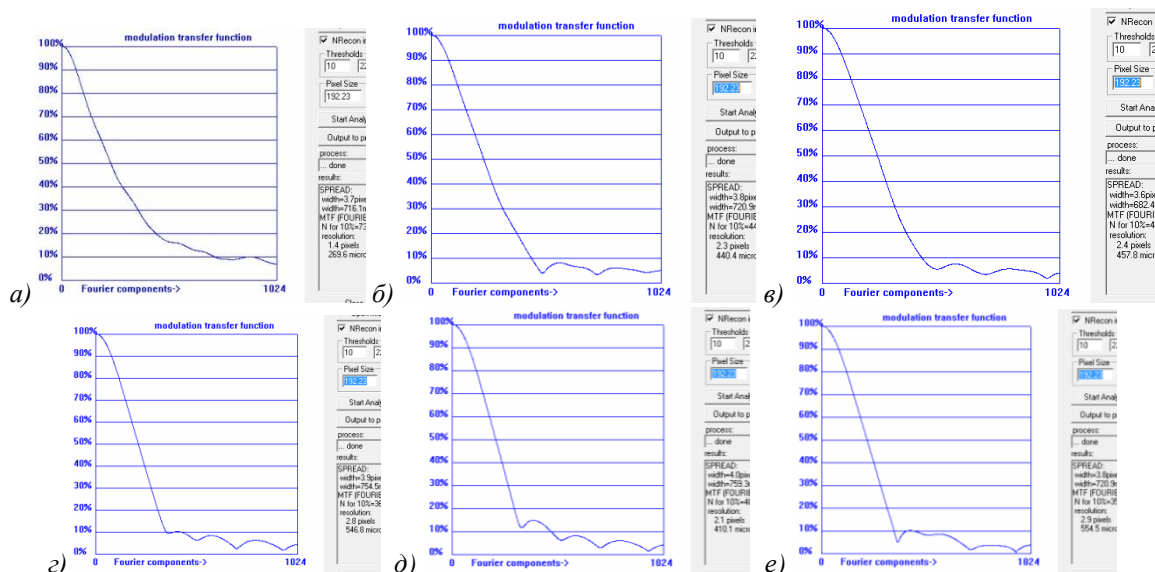


Рис. 2. ФПМ: а) – 1 МэВ; б) – 1,5 МэВ; в) – 2 МэВ; г) – 3 МэВ; д) – 3,5 МэВ; е) – 4 МэВ

Оценки ФПМ использовались для измерения раскрытия трещин в железобетонных изделиях, подвергшихся электроимпульсному воздействию. Наивысшее пространственное разрешение высокоэнергетической системы КТ с максимальной энергией 1 МэВ и предварительной фильтрацией излучения медной пластиной толщиной 4 мм составило 269,6 мкм.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДАРНЫХ НАГРУЗОК В СВАРНЫХ ШВАХ СО СТРУКТУРОЙ МЕТАСТАБИЛЬНОГО АУСТЕНИТА

Ильинский А.В.,<sup>1</sup> Котовщиков И.О.<sup>1</sup>, Костюхин А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский Университет Информационных Технологий, Механики и Оптики, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург

проф. Федоров Алексей Владимирович

[allill003@mail.ru](mailto:allill003@mail.ru)

Известно, что сварные соединения корпусных изделий подвержены трещинообразованию под действием ударных нагрузок. Поэтому резко встает вопрос об обеспечении трещиностойкости сварных соединений. Одним из способов повышения трещиностойкости при ударном взаимодействии является использование метастабильного аустенита в качестве материала для изготовления сварного шва. В такого рода материале корень шва обеспечивает требуемую вязкость соединения, а в наплавке со структурой метастабильного аустенита при ударном нагружении протекает мартенситное превращение, приводящее к локальному увеличению твердости материала вблизи места нагружения за счет образования мартенсита деформации. Таким образом, механические характеристики сварного соединения напрямую будут зависеть от мартенситного превращения.

Однако остался открытым вопрос о проведении неразрушающего контроля сварного соединения изделия. Для контроля механических характеристик в настоящее время все большую популярность набирает метод динамического индентирования, который сочетает в себе достоинства стандартизированных методов определения механических характеристик материалов. В основе метода динамического индентирования