

## ОТЗЫВ

официального оппонента Потрахова Николая Николаевича на диссертацию Чжун Ян «Разработка алгоритмов цифровой обработки данных для радиографических и томографических систем неразрушающего контроля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

### **Актуальность темы**

Неразрушающий контроль качества выполнения технологических операций при строительстве нефтегазопроводов, в первую очередь сварных швов, а также крупногабаритных деталей нефтегазовой арматуры играет ключевую роль в обеспечении безопасности при эксплуатации энергетических объектов важнейших отраслей промышленности РФ.

С этой точки зрения, тема диссертационной работы Чжун Ян, посвященная разработке новых перспективных алгоритмов цифровой обработки проекционных данных, получаемых на отечественных рентгенографических и рентгенотомографических системах неразрушающего контроля, несомненно является важной и актуальной.

### **Основное содержание диссертации**

Диссертационная работа Чжун Ян оформлена в классическом стиле и содержит введение, литературный обзор по теме исследования, описание материалов и методов, четыре главы собственных исследований, обсуждение полученных результатов, выводы и заключение.

Текст диссертации написан грамотным техническим языком, изложен на 130 страницах машинописного текста, содержит 3 таблицы, 56 рисунков, список литературных источников из 164 отечественных и зарубежных наименований, а также 4 приложения.

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель и поставлены задачи диссертационного исследования. Представлены научные положения, выносимые на защиту. Указана научная новизна и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе**, на основании обзора открытых отечественных и зарубежных литературных источников, выполнен анализ существующих конструкций рентгенографических и рентгенотомографических систем неразрушающего контроля, а также алгоритмов обработки получаемых с их помощью проекционных данных. Показано, что одним из основных направлений совершенствования таких систем является разработка новых методов и соответствующих алгоритмов обработки первичных рентгеновских снимков объектов неразрушающего контроля.

**Во второй главе** подробно описан предложенный алгоритм автоматической «сшивки» рентгеновского изображения из рентгеновских снимков отдельных областей объекта. Основная особенность алгоритма заключается в попиксельной минимизации на границе каждого снимка с предварительным выравниванием фона этого снимка. Представлены результаты использования алгоритма при получении панорамного (по всей

длине) рентгеновского изображения кольцевого сварного шва в сравнении с известным алгоритмом «сшивки».

**В третьей главе** подробно описаны два предложенных алгоритма реконструкции рентгеновского изображения: адаптивной итерационной реконструкции, а также комбинированной – аналитической и итерационной реконструкции. Представлены результаты применения разработанных алгоритмов на специализированном фантоме в сравнении с известными алгоритмами.

**В четвертой главе** описаны результаты использования предложенного комплекта технических средств для рентгенографии и рентгеновской томографии при контроле крупногабаритных и, соответственно, толстостенных литых деталей нефтегазовой арматуры. Показано, что бетатрон в качестве источника рентгеновского излучения и линейный детектор непрямого преобразования в качестве приемника рентгеновского излучения могут быть взяты за основу при разработке промышленной установки для неразрушающего контроля в нефтегазовой отрасли.

**В заключении** формулируются основные результаты и выводы, полученные в ходе проведенных исследований.

В целом диссертационная работа изложена структурировано, выдержана в научном стиле и отражает всю необходимую информацию для понимания исследуемой темы. Автореферат отражает все основные положения диссертации и полностью соответствует ее содержанию.

### **Новизна исследований и основные результаты работы**

Научная новизна выполненных исследований заключается в создании оригинальных алгоритмов обработки цифровых рентгеновских изображений, позволяющих повысить качество и информативность, а также оперативность проведения неразрушающего контроля в нефтегазовой отрасли:

- алгоритм автоматической «сшивки» панорамного (по всей длине) цифрового изображения сварного шва из отдельных рентгеновских снимков фрагментов кольцевого шва трубопровода, обеспечивающий более высокое качество и информативность неразрушающего контроля по сравнению с известным алгоритмом «сшивки»;

- алгоритм адаптивной итерационной реконструкции, обеспечивающий сопоставимое время реконструкции при уменьшенном на 50% количестве проекционных данных по сравнению с известным алгоритмом SAFIRE;

- алгоритм комбинированной аналитической и итерационной реконструкции, обеспечивающий сопоставимое качество реконструкции при уменьшенном на 35% количестве проекционных данных по сравнению с известным алгоритмом SAFIRE.

### **Практическая значимость результатов работы**

Практическая значимость выполненных исследований заключается, во-первых, в использовании алгоритма автоматической «сшивки» панорамного изображения в программном обеспечении отечественного автоматизированного мобильного дефектоскопа АМД производства ОАО «ТЭМЗ» (г. Томск). Во-вторых, в перспективе использования итерационных

алгоритмов реконструкции изображения в промышленных установках для неразрушающего контроля крупногабаритных литых изделий в нефтегазовой отрасли.

Достоверность результатов выполненных исследований подтверждается согласованностью теоретических и экспериментальных данных, полученных автором. Сформулированные в диссертации научные положения и выводы обоснованы, аргументированы и не противоречат общефизическим принципам, а также материалам отечественных и зарубежных публикаций по теме исследования.

### **Замечания по диссертационной работе**

Основные замечания относятся к тексту диссертации, который в ряде случаев требует редакторской и грамматической правки.

1. В разделе «Цель работы» указаны 4 задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, а в разделе «Заключение» представлены результаты решения только трех задач.
2. Формулировки «...действительно улучшает качество изображения...» или «...получить то же качество томографии...» не соответствуют **техническому** отчету о результатах эксперимента.
3. Является ли официальным государственным наукометрическим показателем «свидетельство ноу-хау ТПУ»?
4. Аббревиатура ОСШ не раскрыта.

Перечисленные замечания не влияют на общую высокую оценку работы, однако в порядке дискуссии следует задать автору диссертации следующие вопросы:

1. Поясните один из выводов по результатам четвертой главы о том, что увеличение пространственного разрешения получаемых снимков может быть достигнуто использованием «максимально возможного числа элементов детектора».
2. Конкретизируйте требования к величине энергии бетатрона и размерам пикселя линейного детектора или к контрастной чувствительности и разрешающей способности технических средств неразрушающего контроля при диагностике крупногабаритных литых изделий нефтегазовой отрасли.

### **Заключение**

Диссертационная работа Чжун Ян «Разработка алгоритмов цифровой обработки данных для радиографических и томографических систем неразрушающего контроля» является самостоятельно выполненным квалификационным исследованием. В нем решены актуальные научно-практические задачи неразрушающего контроля крупногабаритных литых изделий нефтегазовой отрасли.

По совокупности проведенных исследований, полученных результатов, их актуальности, новизне и достоверности, научной и практической значимости, а также количеству публикаций, представленная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых

степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (dis.tpu.ru), а ее автор Чжун Ян заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

**Официальный оппонент:**

Потрахов Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электронных приборов и устройств, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5

E-mail: [kzhamova@gmail.com](mailto:kzhamova@gmail.com); Тел.: +7 (812) 234-21-59

Н.Н. Потрахов

*Н.Н. Потрахов*

