

УДК 621.791.05:620.179.1:004.94

Симуляция операций радиационного неразрушающего контроля сварных соединений

Кувшинников Владимир Сергеевич^{1(*)}

kuvshinnikovvs@atomrus.ru

SPIN-код: 7489-5192

Ковшов Евгений Евгеньевич¹

kovshovee@atomrus.ru

SPIN-код: 1145-6344

Сударев Андрей Владимирович^{1,2}

sudarevav@atomrus.ru

SPIN-код: 6166-5328

¹ АО «НИКИМТ-Атомстрой», Москва, Россия

² РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение программно-аппаратных средств для симуляции технологических операций радиационного неразрушающего контроля сварных соединений при их компьютерном моделировании и подготовке специалистов. Освещено использование цифровых двойников при симуляции технологических операций радиационного неразрушающего контроля. Определены пути расширения применимости симуляционных моделей в решении комплекса прикладных задач радиационного неразрушающего контроля сварных соединений.

Ключевые слова: радиационный неразрушающий контроль, симулятор, виртуальная реальность, цифровые двойники, информационные технологии

Введение. Современный этап технологического развития промышленного производства характеризуется глубокой интеграцией цифровых компьютерных технологий во все без исключения производственные процессы. Важнейшим аспектом такого развития является внедрение иммерсионных и интерактивных средств виртуальной реальности как для подготовки персонала, так и в составе компьютерных систем-ассистентов при планировании, подготовке, непосредственном выполнении и оценке результатов технологических операций радиационного неразрушающего контроля. Особую актуальность данное направление приобретает в подготовке специалистов по радиационному неразрушающему контролю.

Методы и материалы; результаты. Радиационный неразрушающий контроль (РК) в контексте его практического применения выделяется своим высоким уровнем лучевого воздействия как на персонал, так и на производственную среду. При создании симулятора РК ставилась задача формализации и моделирования технологического процесса контроля сварных соединений, выполняемого в реальных производственных условиях [1]. Существенным преимуществом симулятора является динамическое получение результатов РК в визуальной форме, пригодной для их анализа и расшифровки. С этой целью реализуется программно-алгоритмическое взаимодействие цифровых двойников объектов контроля, основного и вспомогательного технологического обо-

рудования, которые с применением конвейера обработки графической информации формируют на виртуальном детекторе цифровую тень в виде конечного растрового изображения [2]. Как и в практической деятельности, в виртуальной среде специалист может установить параметры экспонирования произвольно, опираясь на соответствующий выбранной схеме контроля допустимый диапазон значений для фокусного расстояния, угла экспонирования, напряжения на аноде, а также настроить другие параметры в соответствии с выполненными технологическими расчетами. Важным элементом с точки зрения практики применения и обучения РК выступает симуляция процесса экспонирования на детектор выпуклой или вогнутой формы. При этом цифровой двойник изображения в виде цифровой тени передает соответствующие искажения формы и градиенты оптической плотности [2].

Заключение. Разработанная виртуальная среда симулятора с комплексом цифровых двойников объектов контроля, основного и вспомогательного технологического оборудования, позволяет включить практическую часть ознакомления с РК в программы обучения профильных учебных заведений высшего и среднего специального образования. Применение цифровых двойников объектов контроля, выполненных из конструкционных материалов, обеспечивает симуляцию выявления дефектов любой сложности, позволяя при этом выполнить предварительный анализ схем контроля, параметров и режимов экспонирования с целью их верификации. Реализованные в программной среде симулятора промышленной радиографии математические модели цифровых двойников успешно применяются для балансировки и расширения набора данных при обучении моделей искусственного интеллекта для автоматического анализа и расшифровки результатов РК в формате DICONDE [3].

Список источников

- [1] Ковшов Е.Е., Кувшинников В.С. Симуляция физических свойств материала объекта контроля в VR-тренажере промышленной радиографии. *Контроль. Диагностика*, 2023, т. 26, № 2 (296), с. 4–12. <https://doi.org/10.14489/td.2023.02.pp.004-012>
- [2] Ковшов Е.Е., Кувшинников В.С. Формирование изображения объекта контроля на гибком детекторе в среде симулятора промышленной радиографии. *Контроль. Диагностика*, 2024, т. 27, № 3 (309), с. 23–34. <https://doi.org/10.14489/td.2024.03.pp.023-034>
- [3] Корчагин В.Д., Кувшинников В.С., Ковшов Е.Е. Критериальный анализ моделей обработки данных радиационного неразрушающего контроля. *International Journal of Open Information Technologies*, 2024, т. 12, № 4, с. 23–31.