

УДК 620.179

Определение эквивалентных размеров локальных дефектов в трубопроводах акустическими методами с эффектами волноводного распространения

Чертищев Василий Юрьевич^{1(*)}cvu@echoplus.ru
SPIN-код: 7180-8040Стрижак Виктор Анатольевич²str@istu.ru
SPIN-код: 9243-8332¹ ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва, Россия² ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Аннотация. Акустические методы с эффектами волноводного распространения широко используются для мониторинга состояния трубопроводов из-за низкого затухания и отражения от дефектов по всей толщине. Показано, что данные методы чувствительны к распознаванию наличия аномалий, но задача оценки эквивалентных размеров дефектов на основе получаемых данных еще требует решения. Показано, что могут быть оценены площадь в процентах от поперечного сечения и осевая протяженность. Предложена методика частотнозависимой оценки размеров дефекта с калибровкой по опорному отражателю. Разработан комплекс оборудования, специализированный акустический преобразователь. Выполнено экспериментальное опробование предложенных методик для трубопроводов с искусственными дефектами.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, крутильные волны, мониторинг состояния, нормальные волны

Введение. Оценка размеров дефектов при контроле акустическими методами с эффектами волноводного распространения является сложной задачей [1]. На различных стадиях разработки, внедрения и эксплуатации находится несколько систем мониторинга на основе данных методов [2] как для стальных, так и для композитных трубопроводов [3]. В сигналах легко обнаруживаются аномалии, что делает их пригодными для задач обнаружения наличия дефектов, но задача оценки их эквивалентных размеров на основе этих данных еще требует решения.

Методы и материалы; результаты. Разработана и изготовлена система мониторинга состояния трубопроводов в реальном времени на основе анализа распространения недисперсионных крутильных волн моды $T(0,1)$ в трубопроводах и горизонтально поляризованных нормальных волн в листах (рис. 1). Система предназначена для предиктивной диагностики целостности магистральных и технологических трубопроводов без остановки технологического процесса.

Для расчета амплитуды сигналов, отраженных от дефекта, использовалась аналитическая модель. Расчет модели проводится с использованием методов спектрального анализа и реализован в среде Mathcad. Для нескольких

типов отражателей выполнено сравнение результатов аналитической модели с результатами конечно-элементной модели в программной среде COMSOL (с учетом связанных явлений и мультифизики). На рис. 2 приведен пример данных для отражателя в виде кольцевой проточки.



Рис. 1. Система волноводного мониторинга состояния трубопроводов и листов

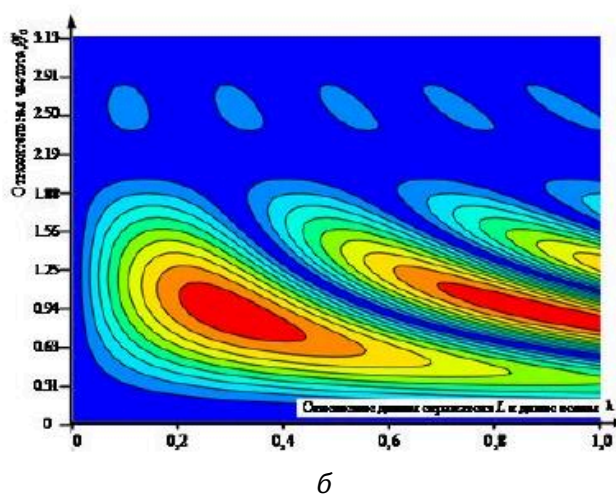
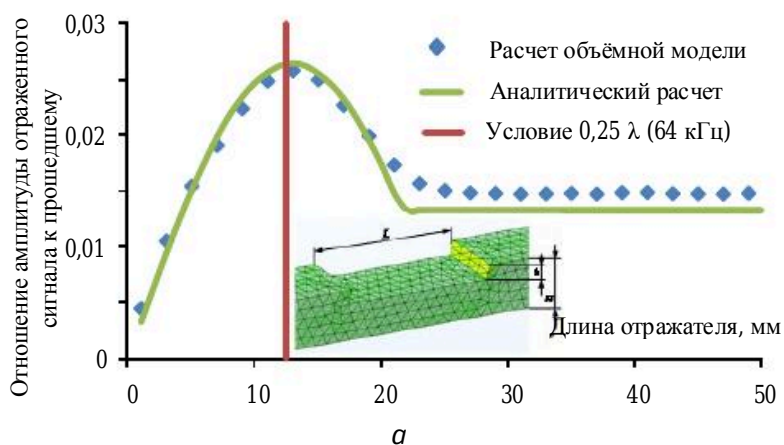


Рис. 2. Моделирование отражения от дефектов:

a — сравнение результатов аналитической и конечно-элементной моделей амплитуды сигналов, отраженных от дефекта; b — искажение спектра отраженного сигнала в зависимости от относительной длины отражателя L/λ

Заключение. Предложена методика частотнозависимой оценки размеров дефекта с калибровкой по опорному отражателю. Разработан комплекс оборудования и ПО, специализированный акустический преобразователь. Выполнено экспериментальное опробование предложенных методик для трубопроводов с искусственными дефектами.

Список источников

- [1] Муравьева О.В., Муравьев В.В., Стрижак В.А., Мурашов С.А., Пряхин А.В. *Акустический волноводный контроль линейно-протяженных объектов*. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2017, 234 с.
- [2] Славин А.В., Далин М.А., Диков И.А., Бойчук А.С., Чертищев В.Ю. Современные тенденции развития акустических методов неразрушающего контроля в авиационной отрасли (обзор). *Труды ВИАМ*, 2021, № 12 (106), с. 96–106.
- [3] Бойчук А.С., Диков И.А., Генералов А.С., Чертищев В.Ю. Ультразвуковой контроль образцов в процессе разработки и испытаний новых марок углепластика. *Труды ВИАМ*, 2021, № 12 (106), с. 86–95. <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2021-0-12-86-95>