

нефтегазовой отрасли: материалы международного семинара. – Под общей редакцией профессора, д. т. н. С.Я. Кушнيرا. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2002. – 260 с.

6. Чахлов В.Л., Лапшин Б.М., Малов Е.А. Акустико-эмиссионная аппаратура для непрерывного контроля герметичности речных переходов магистральных нефтепроводов //Безопасность труда в промышленности. – 2000, №8. – С. 32-34.

7. Прибор для непрерывного наблюдения акустической эмиссии. Apparatus for continuous long-term monitoring acoustic emission. Пат. 4609994 Канада, Int. Cl.⁴ G01S 5/18/ М. Nabil Bassim, Kris Tangri. – № 570866, Заявл. 5. 12. 83; Оpubл. 02.09.1986.

8. Акустико-эмиссионная система для диагностики промышленных объектов. Пат. 2168169, Россия, МПК⁷ G01N29/14 /ЗАО "Нефтегазкомплекссервис" Краснов А.А., Гнетнев Ю.В., Конон А.В., Минаев А.Д. №124626/28; Заявл. 28.09.2000; Оpubл. 27.05.2001.

9. Гриб В.В. Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств. Обзор НТД. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1998. – 202 с.

10. Чахлов В.Л., Лапшин Б.М., Малов Е.А. Акустико-эмиссионная аппаратура для непрерывного контроля герметичности речных переходов магистральных нефтепроводов //Безопасность труда в промышленности. – 2000, №8. – С. 32-34.

УДК 620.179.162

Л.А. РЕДЬКО, Б.И. КАПРАНОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛОВЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ ШВОВ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассмотрена возможность применения вертикального цилиндрического отверстия вместо зарубки для настройки чувствительности при контроле сварных швов трубопроводов из пластмасс. Обоснована целесообразность применения для расчета эквивалентной площади дефектов в пластмассе формул, полученных эмпирически [4,6] для стали. Проведены расчеты эквивалентной площади дефектов при использовании в качестве опорного отражателя углового цилиндрического отверстия для частот 2,5 и 5 МГц.

В последнее время в нефтяной и газовой промышленности внедряются пластмассовые трубопроводы в силу ряда преимуществ их перед стальными [1]. При их строительстве чаще других соединений используют сварное [2,3].

Нефте – и газопроводы являются объектами повышенной опасности. Соединения являются слабым звеном любой конструкции. Поэтому контроль качества соединений трубопроводов необходим для предотвращения аварий.

В СП 42-105-99 "Контроль качества сварных соединений полиэтиленовых газопроводов" ультразвуковые методы обозначены как обязательные при контроле швов, сваренных нагретым инструментом встык.

Основным типом модели дефекта, по которому настраивается чувствительность контроля, и определяются размеры реальных дефектов является отверстие с плоским дном. При контроле сварных швов применяют также угловые отражатели: зарубку, вертикальное отверстие, риску (паз), двугранный угол [4]. Выполнить плоскодонное отверстие, плоскость которого перпендикулярна акустической оси наклонного искателя, сложно, поэтому при контроле сварных швов металлов и сплавов в качестве опорного отражателя традиционно применяют зарубку. Изготовление зарубки на пластмассе существующими способами трудоемко и зачастую не обеспечивает необходимой метрологической точности.

В этой связи, так как пластмассы хорошо подвергаются обработке сверлением, рассмотрим применение в качестве опорного отражателя углового цилиндрического отверстия.

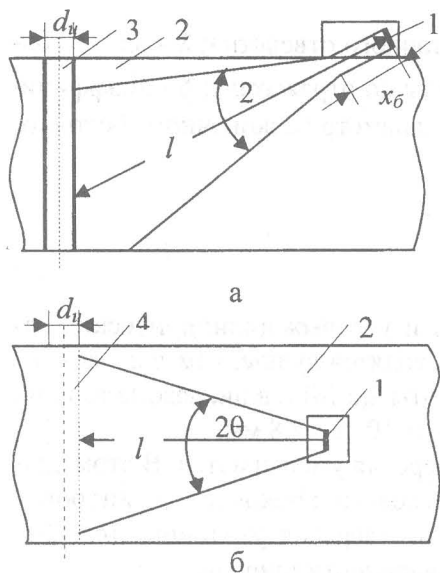


Рис.1. Схема поля преобразователя с углом ввода близким 70° : 1 – пьезопластина; 2 – ОК; 3 – угловой цилиндрический отражатель; 4 – бесконечное цилиндрическое отверстие. 2θ – раскрытие диаграммы направленности; $d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндрического отражателя; l – путь ультразвука от пьезопластины до отражателя

велик. Считаем, что ультразвуковой пучок перекрывает все сечение сварного шва (рис. 1). Тогда диаметр вертикального цилиндрического отверстия должен быть сопоставим с диаметром бокового цилиндрического отверстия, при условии, что путь от пьезопластины до отражателей одинаков.

Для расчета диаметров боковых цилиндров использовали формулы ослабления сигнала в акустическом тракте для прямого преобразователя [5] (рис. 2), так как материал призмы в данном случае был идентичен материалу ОК.

Все параметры, относящиеся к плоскодонному отражателю, обозначены индексом “ n ”, к бесконечному цилиндру – индексом “ $ц$ ”.

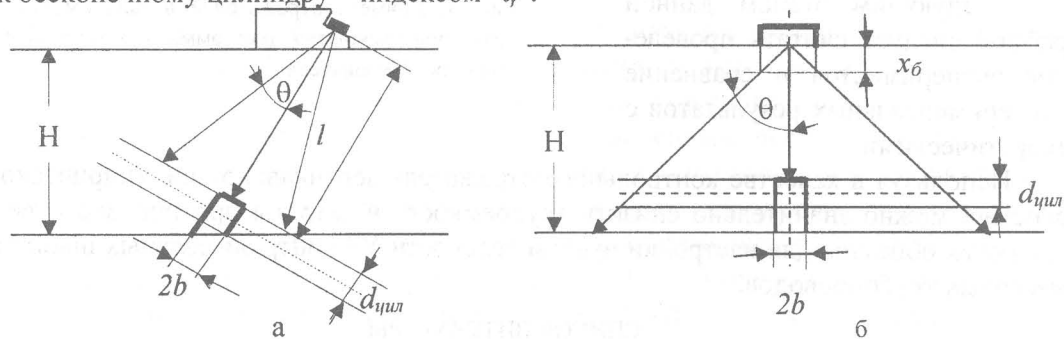


Рис. 2. Расчет диаметра цилиндрических отверстий: а) – наклонный искатель; б) – прямой искатель

Используя уравнения акустического тракта, и полагая $A_n / A_0 = A_{\text{ц}} / A_0$, получаем:

$$\frac{S_a \cdot S_n}{\lambda^2 \cdot l^2} e^{-2\delta \cdot l} = \frac{S_a}{2 \cdot \lambda} \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{ц}}}{2 \cdot l^3}} \cdot e^{-2\delta \cdot l}, \quad (4)$$

Для металлов и сплавов существуют формулы, полученные экспериментально, для определения эквивалентной браковочной площади дефектов при использовании в качестве опорного отражателя углового цилиндрического отверстия [4,5,6]. Как показал анализ литературы, посвященной данному вопросу, для пластмасс таких формул не приводилось. Рассмотрим возможность применения вышеуказанных формул к расчетам эквивалентной браковочной площади дефектов сварных швов в пластмассах.

Расчеты проводились для угла призмы 73° и частот 2,5 и 5 МГц. Для того чтобы получить большой угол ввода в качестве материала призмы в данном случае использовался материал объекта контроля – полипропилен. Толщина стенки трубы изменяется от 3 до 41 мм [7].

Чтобы оценить применимость эмпирических формул для стали к расчету отражателей в образцах из пластмасс были проведены расчеты по формулам акустического тракта.

Как правило, угол призмы при контроле сварных швов из-за наличия грата достаточно

где S_a - площадь пьезопластины; S_n - площадь плоскодонного отверстия; λ - длина волны в материале; l - приведенный путь от пьезопластины до отражателя; δ - коэффициент затухания ультразвуковой волны в материале; d_u - диаметр бесконечного бокового цилиндра.

После упрощений

$$d_u = \frac{8 \cdot S_n^2}{\lambda^2 \cdot l} \quad (5)$$

После расчетов получили, что диаметры боковых и угловых цилиндрических отверстий не равны. Но, для частоты 5 МГц результаты сходятся лучше, чем для частоты 2,5 МГц. Очень близкие результаты получены для частоты 2,5 МГц в диапазоне толщин стенки трубы – от 3,7 до 8,2 мм, а для частоты 5 МГц – от 10 до 12,8 мм.

С увеличением угла призмы диаметр бокового отверстия уменьшается. В этом случае также улучшается сходимость между диаметрами углового и бокового цилиндров.

С увеличением частоты диаметр цилиндрического отверстия увеличивается. Это связано с тем, что на малых частотах диаграмма направленности шире чем на высоких, следовательно, охватывает большую длину цилиндра и диаметр цилиндра, соответствующий определенному значению эквивалентной браковочной площади плоскодонного отверстия меньше. С увеличением частоты диаграмма направленности поля искателя сужается, уменьшается охватываемая полем длина цилиндра – увеличивается его диаметр (рис. 3).

Таким образом, на основе расчетов, можно сделать вывод о применимости эмпирических соотношений, определенных для стали, к расчетам параметров искусственных отражателей в пластмассах для частот 2,5 и 5 МГц. Следовательно, для контроля можно использовать наиболее распространенный ультразвуковой дефектоскоп УД2 – 12.

Следующим этапом данной работы следует считать проведение экспериментов и сравнение экспериментальных результатов с теоретическими.

Используя в качестве контрольного отражателя вертикальное цилиндрическое отверстие, можно значительно снизить трудоемкость и затраты при производстве контрольных образцов для настройки чувствительности УЗ контроля сварных швов пластмассовых трубопроводов.

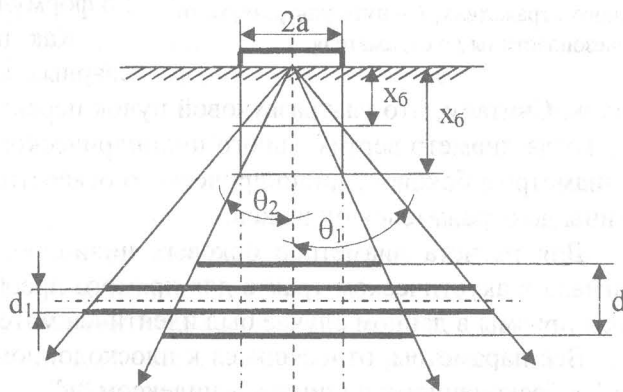


Рис. 3. Диаметр отражателей в зависимости от величины раскрытия диаграммы направленности поля преобразователя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев К. И. Пластмассовые трубы – перспектива замены стальных труб на нефтегазопромыслах/ СТ № 4 – 5, 1996.
2. Зайцев К. И. О проблеме сооружения пластмассовых трубопроводов на объектах нефтяной и газовой промышленности/ СТ №5, 1995.
3. Зайцев К. И. Проблемы сварки пластмасс на объектах нефтегазовых отраслей/ СТ №4, 1995.
4. ГОСТ 14782 – 86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. методы ультразвуковые.
5. Кретов Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. Учеб. пособие. -Санкт – Петербург: Радиоавионика, 1995.

6. Ермолов И. Н. Амплитуда эхосигнала от угловых отражателей // Дефектоскопия. - 1997. - № 1.
7. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов. Справочник проектировщика: Под ред. Шестопала А. Н. – М.: Стройиздат, 1985.

УДК:539.16.04:621.382.323

В.М.ЗЫКОВ, Н.Т. ЮНДА

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ДОЛГОВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА ФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ВНЕШНЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

На примере переходной характеристики нелинейного RC-фильтра низких частот показаны особенности моделирования методом суммы вариативных сверток нелинейного долговременного отклика физической системы на внешнее воздействие и обсуждены особенности построения алгоритма вычислений. Преимущества метода для моделирования сложных физических процессов, обусловленных несколькими взаимосвязанными механизмами, демонстрируются на примере расчета нелинейного радиационного отклика порогового напряжения кремниевого n-канального МОП-транзистора.

Введение

Замена непрерывного воздействия на нелинейную систему с конечной памятью непрерывной последовательностью парциальных воздействий в виде прямоугольных импульсов обеспечивает возможность определения нелинейного отклика системы на воздействие в виде суммы кусочно-непрерывных решений, построенных на основе аналитических решений интеграла свёртки. Возбуждаемые на каждом из временных интервалов процессы отклика на парциальное воздействие (парциальные возмущения) взаимно влияют друг на друга через суммарные изменения, производимые ими в системе. Это влияние можно учесть дискретным образом при переходе от одного временного интервала к другому для каждого процесса релаксации парциального возмущения. В работе [1] этот метод был применён для расчета долговременного радиационного отклика МОП-транзистора и получил условное название метода вариативных свёрток. Ниже на примере нелинейного RC-фильтра изложены результаты исследования построения алгоритма расчёта в различном приближении и влияние выбора величины временного шага на точность расчёта.

Преимущества и особенности метода демонстрируются на примере нелинейного радиационного отклика МОП-транзистора для сдвига его порогового напряжения. Показано, что для расчета сложного нелинейного явления в системе с конечной памятью необходимо располагать полученными на основе линейных дифференциальных уравнений решениями для всех переходных процессов, составляющих данное сложное явление, а также уравнениями, описывающими результирующее изменение внутренних параметров системы как за счёт протекания всех составляющих сложное явление процессов, так и за счёт изменения внешних условий. Под внутренними параметрами системы следует понимать параметры, которые определяют протекание всех важнейших процессов, входящих в описываемое сложное физическое явление, а под внешними условиями – электрический и температурный режимы работы. Метод обеспечивает автоматический переход от нелинейного решения к линейному решению при уменьшении интенсивности воздействия, что важно, например, при пересчёте результатов ускоренных радиационных испытаний полупроводниковых приборов на реальные условия низкоинтенсивного облучения на борту космического аппарата. Достаточно высокая точность экстраполяции на большие времена обеспечивается тем, что решение строит-