

## СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА ОКО-01 И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТОПРОВОДОВ

© Учанин В. Н.<sup>1)</sup>, Луценко Г.Г.<sup>2)</sup>, Джаганян А.В.<sup>2)</sup>, Буга В.И.<sup>2)</sup>, 2007

<sup>1)</sup> ФМИ им. Г. В. Карпенко, центр “Леотест-Медиум”, г. Львов

<sup>2)</sup> НПП “Промприбор”, г. Киев

*Детально описані характерні особливості вихреструмового дефектоскопа ОКО-01, його технічні характеристики. Значна увага приділена технологіям його використання для контролю дефектів різних об'єктів, особливо контролю дефектів магістральних газопроводів в процесі заміни їх ізоляційного покриття. Приведені результати контролю дефектів цього газопроводу*

Вихретоковый метод широко применяется в практике неразрушающего контроля ответственных конструкций и деталей в различных отраслях. Если на начальном этапе метод широко применялся для выявления поверхностных дефектов, то в последние десятилетия все более широко применяется для выявления подповерхностных дефектов, в том числе дефектов усталостного и коррозионного происхождения во внутренних слоях многослойных конструкций, дефектов под слоем герметика, головкой заклепки и т.п. [1-5].

Большинству современных вихретоковых дефектоскопов универсального типа в той или другой мере присущи следующие особенности и возможности:

– применение цифровых методов обработки сигналов на основе встроенного процессора или автономного персонального компьютера;

– использование люминесцентного или жидкокристаллического графического (в некоторых приборах цветного) дисплея;

– широкий диапазон рабочих частот от единиц герц до нескольких мегагерц;

– одновременное использование в отдельных приборах (отдельно или в комбинации) до 4-х рабочих частот;

– использование 2-х, 4-х и более независимых каналов;

– возможность контроля в статическом или динамическом режимах контроля;

– возможность подключения вихретоковых преобразователей (ВТП) разного типа (параметрических, трансформаторных, абсолютных, дифференциальных и т.п.);

– разные режимы представления информации (комплексная плоскость, временная развертка и т.п.);

– автоматизация настройки дефектоскопа и возможность запоминания установок дефектоскопа при реализации конкретных методик контроля для упрощения и ускорения настройки;

– автоматическое срабатывание сигнализации дефектоскопа при попадании годографа сигнала в окно комплексной плоскости, границы и конфигурации которого могут регулироваться в широких границах;

– возможность запоминания полученных дефектограмм в файлах стандартных форматов (например, TIF или BMP) и передача их в персональный компьютер или принтер через порты разного типа, с целью сохранения и документирования результатов контроля;

– возможность интегрирования в автоматические системы контроля;

– выполнение в переносном варианте с автономным питанием.

В НПП «Промприбор» поставлена и решена задача создания отечественного универсального вихретокового дефектоскопа, который по уровню соответствует (и даже превышает) представленным выше современным требованиям.

При создании универсального вихретокового дефектоскопа, соответствующего современным требованиям, была выбрана концепция модульного принципа построения дефектоскопа.

Такой подход обеспечивает возможность гибкого расширения возможностей дефектоскопа путем подключения дополнительных блоков и модулей.

Центральный модуль является специализированным компьютером. Помимо процессора, пленочной клавиатуры, TFT дисплея центральный модуль содержит флеш-карту, которая выполняет функции постоянно запоминающего устройства, контроллер датчика пути и интерфейс USB. Контроллер датчика пути позволяет подключить два преобразователя угловых перемещений, что необходимо для обеспечения возможности построить развертку поверхности контроля.

Дефектоскоп ОКО-01 может оснащаться от одного до четырех вихретоковых модулей, каждый из которых имеет один физический вихретоковый

тракт. Таким образом, один прибор может обеспечить до 4-х независимых вихретоковых трактов, каждый из которых может работать в многочастотном режиме (до 32-х рабочих частот). Значения рабочих частот регулируются в пределах от 100 Гц до 1,5 МГц. Регулируемые усиление и напряжение возбуждения ВТП позволяют дефектоскопу ОКО-01 работать с абсолютными и дифференциальными, параметрическими и трансформаторными ВТП, изготавливаемыми различными фирмами.

На лицевой панели дефектоскопа находится клавиатура для управления прибором. На дисплее воспроизводятся значения рабочих частот, частоты дискретизации, напряжения возбуждения, масштаба, поворота.

Пролистывание изображений позволяет воспроизводить на экране дисплея до 12 страниц. Каждая страница позволяет отобразить до 4-х зон отображения и 2 временные развёртки. Каждая из зон отображения позволяет отображать вихретоковый сигнал в следующих представлениях:

– векторное изображение: при этом в зоне отображается прямая линия (вектор), один её конец – центр, второй указывает на текущее значение сигнала;

– Б-скан – изображение: зона отображения разбивается на столбцы, каждый из которых соответствует каналу, каждая точка столбца окрашивается в зависимости от амплитуды сигнала или от амплитуды одной из его проекций;

– в комплексной плоскости: позволяет выделять дефекты на фоне помех путем анализа формы годографа сигнала от дефекта;

– изометрическая проекция (3D отображение);

– столбиковая диаграмма: в данном построении столбик соответствует номеру канала, а высота столбика – амплитуде или одной из проекций текущего сигнала;

– многоканальное отображение информации: в данном случае в зоне отображения одновременно выводится сигнал (или одна из его проекций) от нескольких каналов.

Частота дискретизации регулируется оператором и может составлять до 1000 выборок в секунду на четырех частотах.

Автоматическое измерение амплитуды и фазы сигнала обеспечивает возможность оценки величины дефекта при анализе данных. Измеренные значения фазы или амплитуды напряжения необходимы для оценки величины дефекта в соответствии с выбранной калибровочной кривой. Такая кривая обеспечивает сопоставление параметров амплитуды или фазы сигнала с параметрами дефекта в миллиметрах, процентах от толщины стенки и др.

Необходимо отметить, что в ОКО-01 реализован достаточно мощный механизм автоматической сигнализации дефекта (АСД). Предусмотрено создание до 4-х «рамок» (пороговых уровней) сигнализации для каждой зоны отображения. Эти рамки и сигнал в совокупности формируют событие (например, превышение сигналом порогового уровня). У оператора существует возможность настроить реакцию на событие. Реакция на событие может быть следующей:

- звуковой сигнал,
- подсветка светодиодов на панели прибора,
- сигнализация при помощи программных индикаторов,
- комбинация вышеперечисленных реакций.

Дефектоскоп обладает определенными возможностями по обработке результатов контроля:

- отображение спектра собранного сигнала;
- фильтрация сигнала (существует 3 вида фильтров: оконный, дифференциальный, усредняющий);

– создание смесей двух каналов (существует возможность создания до 4-х смесей, для смешивания оператор может выбрать один из 4-х алгоритмов: суммирование, вычитание, суммирование с инверсией по горизонтали и суммирование с инверсией по вертикали);

– при использовании оконного фильтра, существует возможность построить АЧХ фильтра.

В совокупности с возможностью разложения сигнала на спектральные составляющие, это превращает дефектоскоп в мощнейшее средство диагностики, способное решать практически любые задачи вихретокового контроля.

Существует возможность запоминания до двадцати настроек дефектоскопа, что увеличивает производительность работы.

Дефектоскоп ОКО-01 в комплекте со сканерами, датчиками и сопутствующим оборудованием может применяться как самостоятельная система контроля. С другой стороны, данные контроля, полученные этим дефектоскопом могут быть переданы на внешние компьютеры для долговременного хранения, обработки, визуализации, создания баз данных по проконтролированным объектам, решения задач мониторинга их технического состояния.

Для обеспечения надежной эксплуатации нефте- и газопроводов необходимо проводить своевременное выявление трещин в трубах. Дефектоскопия труб может производиться различными методами неразрушающего контроля, среди которых наиболее часто применяют рентгеновский, ультразвуковой, магнитопорошковый, вихретоковый и цветной методы. При этом, вихретоковая дефектоскопия имеет ряд преимуществ, связанных с отсутствием вредного

излучения, отсутствием необходимости применять контактную жидкость, оперативность и возможность автоматизации контрольных операций.

Для механизированного контроля трубопроводов в состав вихретокового дефектоскопа ОКО-01 был включен ручной сканер для упрощения процесса сканирования объекта контроля (ОК). Сканер включает в себя блок вихретоковых преобразователей, датчик пути и коммутатор. Блок вихретоковых преобразователей содержит 8 дифференциальных ВТП и 1 абсолютный ВТП. Датчик пути предназначен для считывания длительности пути, пройденного сканером. Благодаря использованию коммутатора прибор из сигналов от 8 дифференциальных ВТП формирует 8 дифференциальных вихретоковых данных. Сканер позволяет контролировать объект контроля фрагментами шириной 80 мм., что значительно экономит время контроля. Конструкция сканера предусматривает регулировку положения магнитных колёс. Это позволяет контролировать ОК с диаметром от 400 мм и более (вплоть до плоскости). Благодаря магнитным колёсам сканер уверенно удерживается на ОК из ферромагнитного материала при неферромагнитном покрытии толщиной до 6 мм.

Дефектоскоп в комплекте со сканером обеспечивает возможность обнаружения поверхностных трещин протяженностью более 20 мм в деталях из ферромагнитных сталей. При контроле без зазора выявляются трещины глубиной более 0,5 мм, при проведении контроля с зазором до 6 мм выявляются трещины глубиной более 1 мм.

Опытно-промышленная проверка универсального многоканального вихретокового дефектоскопа ОКО-01 применительно к контролю трубопроводов проведена на участке магистрального газопровода «Пермь – Казань – Горький 2» (341 – 354 км) Можгинского ЛПУмг (ООО «Пермтрансгаз») с участием специалистов Западно-Уральского газотехнического центра ООО «Газнадзор» и ЗАО «Спектр КСК».

В соответствии с программой проведения работ по техническому диагностированию обследование труб проводили с применением следующих видов неразрушающего контроля:

- визуально-измерительный,
- ультразвуковая толщинометрия,
- ультразвуковой контроль,
- измерение твердости,
- вихретоковый контроль (в объеме 50% от общей площади трубы – нижняя часть).

Качество подготовленной поверхности (очистка трубы от старого изоляционного покрытия) проводилась штатными устройствами из состава механизированной колонны по изоляционным работам. Качество очистки оценивалось как

неудовлетворительное, что связано с наличием следов клеящей основы и фрагментов старой изоляции. При этом дополнительная подготовка поверхности для проведения контроля не проводилась.

Во время работ был проконтролирован участок трубы газопровода, выведенного из эксплуатации для проведения капитального ремонта методом сплошной переизоляции. После снятия изоляции поверхность трубы не была зачищена до металла, на ней сохранялись элементы изоляции в виде плёнки, которая не позволяла проводить дефектоскопию визуальным, капиллярным, ультразвуковым методами. По результатам вихретоковой дефектоскопии был выявлен одиночный дефект типа коррозионная трещина протяженностью 50 мм и глубиной 0,5 – 0,8 мм. После зачистки трубы от остатков изоляции наличие выявленного дефекта было подтверждено визуально.

Также обследованию была подвергнута зона стресс-коррозионного повреждения, которая ранее была выявлена визуальным методом. Параметры: расстояние от кольцевого шва 100 мм, от продольного шва 400 мм, угловое расположение 8,0 ч, длина 70 мм, глубина 0,5 – 0,7 мм. По результатам вихретоковой дефектоскопии данная зона стресс-коррозионных трещин была подтверждена.

Важно отметить высокую производительность вихретокового контроля, которая составляла (в среднем) 0,5–0,6 м<sup>2</sup> поверхности трубы в минуту.

Универсальные свойства дефектоскопа ОКО-01 позволяют рекомендовать его для решения других актуальных задач неразрушающего контроля, в частности:

- контроля сварных швов;
- контроля качества изделий при производстве труб, стержней, проволоки, прутков и т. п.;
- контроля элементов энергетического оборудования, в том числе теплообменников с внутренними проходными преобразователями;
- контроля деталей транспортных средств в условиях их производства и эксплуатации,
- контроля резервуаров в химической, нефтегазовой и других отраслях.

1. Дорощев А. Л., Казаманов Ю. Г. *Электромагнитная дефектоскопия*. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с. 2. *Nondestructive Testing Handbook. Vol.4: Electromagnetic Testing (Eddy current, flux leakage and Microwave Nondestructive Testing)*. Second edition. Edited by R.C. McMaster and P.McIntire. USA: American Society for NDT, 1986. – 677 p. 3. *Выявление дефектов в неразъемных конструкциях // Авиационные материалы. Вып.6. Дефектоскопия металлов / Учанин В.Н., Дорощев А.Л., Казаманов Ю.Г. и др. - М.: ВИАМ. – 1979. - С.*

59 - 64. 4. Учанин В.Н., Цирг В.Н. Опыт применения низкочастотных вихретоковых дефектоскопов для выявления скрытых дефектов усталостного и коррозионного происхождения // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1989. -

№ 4. - С. 71 - 75. 5. Учанин В.Н., Цирг В.Н. Обнаружение скрытых коррозионных повреждений авиационных конструкций вихретоковым методом // Физ.-хим. механика материалов. – 1990. - № 4. – С. 103 – 104.