

**МИНИСТЕРСТВО АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
УКРАИНЫ**

СУМСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

40021 г. Сумы, ул. Кондратьева, 160, тел./факс (0542) 787-422

СОГЛАСОВАНО

Директор ООО «Теплоэнерго»

_____ М.М. Супрун
« ____ » _____ 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ

ректор Сумского НАУ
д.с.-х.н., профессор, академик НАНУ

_____ В.И. Ладыка
« ____ » _____ 2015 г.

О Т Ч Ё Т

о научно-исследовательской работе:

**«УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ
ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК»**

**«Научно-технический обзор современного состояния технологий контроля при
строительстве и эксплуатации теплотрасс»
(заключительный)**

Проректор по научной работе
и экономическим вопросам

_____ О.М. Маслак

Заведующий НИО, к.э.н., доцент

_____ Ю.И. Данько

Руководитель НИР
Зав. кафедрой «Строительного производства»,
к.т.н., профессор

_____ В.П. Кожушко

Рукопись завершена 20.12. 2014 г.

Результаты работы рассмотрены научно-координационным советом СНАУ,
протокол № ____ от « ____ » _____ 2015 г.

Руководитель работы _____ к.т.н., проф. Кожушко В.П.

Ответственный исполнитель _____ доц. Гольченко Н.Ф.

Исполнители:

_____ доц. Шушкевич В.И.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
1. Библиографический обзор национальных и международных нормативных документов по ультразвуковому контролю.....	
2. Ультразвуковой контроль. Основные термины и определения.	
2.1. Оборудование для ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии.....	
3. Ультразвуковые расходомеры: особенности эксплуатации, существующие проблемы и их решения.....	
4. Контроль трубопроводов теплосетей интегрально-акустическим методом..	
Выводы	
Литература.....	
Приложение.....	

Введение

Ультразвуковой контроль – одна из разновидностей неразрушающего контроля. Заключается в установлении свойств исследуемого предмета при помощи ультразвука.

В настоящий момент **ультразвуковой метод контроля** является одним из самых точных методов неразрушающего контроля и технической диагностики (НКТД), толщинометрии, дефектоскопии, твердометрии и энергоаудита (контроль и учет расхода воды и жидкости).

Приборы ультразвукового контроля:

- ультразвуковые дефектоскопы (ультразвуковая дефектоскопия);
- ультразвуковые толщиномеры (ультразвуковая толщинометрия);
- ультразвуковые твердомеры (ультразвуковая твердометрия);
- ультразвуковые расходомеры (ультразвуковая расходомерия).

Дефектоскопия, ультразвуковая дефектоскопия (ультразвуковой дефектоскоп).

Ультразвуковая дефектоскопия – поиск дефектов в материале изделия ультразвуковым методом, то есть путем излучения и принятия ультразвуковых колебаний, и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы и пр. с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвуковой метод применяют для:

- **ультразвукового контроля труб;**
- ультразвукового контроля металла;
- **ультразвукового контроля полиэтилена;**
- ультразвукового контроля бетона;
- **ультразвукового контроля сварных соединений;**
- ультразвукового контроля литых заготовок и стального литья;
- **ультразвукового контроля теплотрасс;**
- **контроля сварных соединений труб;**
- неразрушающего контроля водопроводов;
- **диагностики труб, выявления коррозии теплотрасс;**
- контроля качества газопроводов;
- **контроля качества котлов;**
- ультразвукового контроля поковок;

- ультразвукового контроля поверхности колеса катания;
- ультразвукового контроля сварных стыков рельсов.

1. Библиографический обзор национальных и международных нормативных документов по ультразвуковому контролю

Ультразвуковой контроль дефектоскопами производят в соответствии с руководящими документами (РД), в которых излагаются и методики ультразвукового контроля:

- РД **СТО 02495307-002-2008** Ультразвуковой контроль сварных соединений арматуры в железобетонных конструкциях;

- РД **ПНАЭ Г-7-030-91** Ультразвуковой контроль. Часть П. Контроль сварных соединений и наплавки;

- РД **19.100.00-КТН-545-06** Ультразвуковой контроль стенки и сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров;

- РД **34.17.302-97 (ОП-501, ЦД-97)** Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения;

- РД **РОСЭК-001-96** Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения;

- РД **СТО 00220256-005-2005** «Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля»;

- РД **СНиП 3.05.03-85 (2000)** «Тепловые сети»;

- РД **ВСН 012-88** «Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть 1.»;

- РД **ПБ 03-585-03** «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»;

- РД **КТН 046-1-05** «Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов»;

- РД **СТО Газпром 2006** «Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов»;

- РД **38.18.016-94** «Инструкция по УЗК сварных соединений технологического оборудования»;

- РД **«АК Транснефть»-2006** «Ультразвуковой контроль стенки и сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров»;

- РД **-19.100.00-КТН-001-10 (взамен 046, с 2010 года)** «Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов»;

РД ОСТ-32-100-87 «Ультразвуковой контроль швов сварных соединений мостов, локомотивов и вагонов»;

- РД СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции»;

- РДПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;

- РД 153-34.1-003-01 (РТМ-1С) «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования».

Основным документом, регламентирующим ультразвуковой контроль теплотрасс и иного теплоэнергетического оборудования в Украине является **СОУ-Н МПЕ 40.1.17.302:2005. Нормативный документ. Ультразвуковой контроль сварных соединений элементов котлов, трубопроводов и сосудов.** См. Приложение А.

Основные требования по выполнению работ применительно к теплотрассам и их элементам, изложены в разделах 7 и 8 данного документа.

2. Ультразвуковой контроль. Основные термины и определения.

Ультразвуковой контроль сварных соединений.

Ультразвуковой контроль сварных соединений (УЗК) – это неразрушающий контроль качества сварных соединений, проводимый в рамках строительной экспертизы и диагностики металлоконструкций, зданий и сооружений.

Ультразвуковой контроль сварных соединений является эффективным способом выявления дефектов сварных швов и металлических изделий, залегающих на глубинах от 2 миллиметров до 6-10 метров.

Ультразвуковой контроль сварных соединений осуществляют по **ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые»** и позволяет проводить ультразвуковую диагностику качества сварных соединений, выявлять и документировать дефектные участки, классифицируя их по типам и размерам. Для разных типов сварных соединений применяются соответствующие методики ультразвукового контроля. Проведение УЗК необходимо для прохождения экспертизы проектов перепланировки и надстройки этажей здания, оценки несущей способности металлоконструкций и степени их износа. При ультразвуковом контроле сварных соединений применяются эхо-импульсный, теневой или эхо-теновый методы УЗК.

Диагностика трубопроводов, водопроводов и теплотрасс.

Ультразвуковая диагностика трубопроводов, водопроводов и теплотрасс.

Ультразвуковой контроль трубопроводов включает в себя неразрушающий контроль качества трубопроводов, выборочный контроль сварных соединений трубопроводов, контроль труб (измерение толщины стенки трубы, неразрушающий контроль сварных швов труб) и выявление дефектов трубопроводов применяя методы неразрушающего контроля трубопроводов по **ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые»**. Ультразвуковой контроль труб и трубопроводов является эффективным неразрушающим методом контроля качества трубопроводов, диагностики дефектов труб, водопроводов и теплотрасс без вывода их из эксплуатации. Ультразвуковой метод контроля качества трубопроводов позволяет выполнять весь комплекс работ по ультразвуковой диагностике трубопроводов, выявлять слабые места сварных швов, внутреннюю коррозию труб теплотрасс и водопроводов, что позволяет сократить затраты на ремонт и устранение последствий аварий. Дефекты ультразвуковой диагностики трубопроводов классифицируются по типам и размерам в соответствии с методикой контроля сварных соединений трубопроводов по ГОСТ 14782-86. Методы ультразвукового контроля теплотрасс и диагностики трубопроводов разделяются на теневой, эхо-импульсный

или эхо-тенью в зависимости от положения излучателя. УЗК контроль трубопроводов осуществляют продольным и поперечным сканированием.

Проведение ультразвукового контроля

Ультразвуковой контроль сварных швов осуществляют, используя ультразвуковой дефектоскоп. Краску, ржавчину и шероховатость перед проведением ультразвуковой дефектоскопии счищают шлифовальной машиной для достижения необходимой шероховатости поверхности. В качестве контактной жидкости используется глицерин или специальный ультразвуковой гель для обеспечения акустического контакта преобразователя с поверхностью изделия.

Ультразвуковая толщинометрия

Одним из ультразвуковых методов неразрушающего контроля, используемым для определения технического состояния трубопровода (толщина стенки трубы), является **ультразвуковая толщинометрия**. Прибор, предназначенный для измерения толщины изделий из металла, пластика стенок труб, называется ультразвуковым толщиномером. Ультразвуковой толщиномер позволяет с высоким уровнем точности определить толщину измеряемого объекта, не нанося ему при этом каких-либо повреждений.

Ультразвуковая твердометрия

Ультразвуковой контроль твердости металла осуществляют, используя ультразвуковые твердомеры (ультразвуковой или контактно-импедансный метод контроля).

Помимо обычного измерения твердости металлических изделий, контактно-импедансный ультразвуковой метод особенно эффективно используется для контроля твердости поверхностно упрочненных слоев (цементация, азотирование, закалка ТВЧ и др.), гальванических покрытий (хром и др.) Ультразвуковой твердомер может быть также использован для измерения твердости изделий из мелкозернистых материалов практически любой формы и размера, особенно при локальном исследовании свойств материала.

Ультразвуковая расходометрия

Сегодня одним из наиболее эффективных способов измерения расхода жидкости является использование **ультразвуковых расходомеров** с накладными датчиками (ультразвуковой расходомер жидкости накладной), так как в этом случае отсутствует необходимость врезки в трубопровод, водопровод, газопровод, нефтепровод и не нарушается поток воды или жидкости какими-либо препятствиями внутри трубопровода. В основе ультразвукового метода контроля расхода жидкости лежит измерение разности времени прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях.

Ультразвуковой расходомер применяется для контроля расхода жидкости на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, предприятиях по переработке газа и нефти, сооружениях очистки воды и сточных вод, электростанциях и др.

2.1. Оборудование для ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-12

В настоящее время на рынке ультразвуковых приборов представлено большое разнообразие всевозможных моделей, поставляемых, как отечественными, так и зарубежными производителями. В данном разделе приводятся характеристики ультразвукового дефектоскопа, получившего наибольшее распространение в Украине (а также, используемого кафедрой «Строительного производства» СНАУ)



Рис. 2.1. - Общий вид ультразвукового дефектоскопа УД2-12

Дефектоскоп ультразвуковой УД2-12 предназначен для контроля продукции на наличие дефектов (обнаружение дефектов) типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения

глубины а координат их залегшим, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов, и работающий на частотах 1,25; 1,8; 2,5; 5,0 и 10,0 МГц.

Дефектоскоп сохраняет работоспособность при контроле материалов и изделий со скоростями распространения продольных ультразвуковых колебаний (УЗК) в диапазоне от 2240 до 6700 м/с затуханием продольных УЗК не более 3,9 дБ/см на частоте 2,5 МГц.

Диапазон толщин контролируемого материала (по стали) от 1 до 999 мм по цифровому индикатору и от 1 до 5000 мм по экрану электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

Другие параметры контролируемых объектов, ограничивающие область применения дефектоскопа, устанавливаются в нормативно-технической документации на контроль конкретных видов продукции.

УД2-12 может быть применен в машиностроении, металлургической промышленности, на железнодорожном и трубопроводном видах транспорта, энергетике для контроля изделий основного производства и технологического оборудования.

Дефектоскоп реализует эхо-метод, теневой и зеркально-теневой методы контроля.

Встроенные устройства автоматизированной обработки результатов контроля, позволяют производить настройку и диагностику технического состояния дефектоскопа с элементами самопроверки.

По функциональному назначению дефектоскоп относится ко второй группе ультразвуковых дефектоскопов (УЗД), по конструктивному исполнению – к переносный, по степени участия оператора в процессе контроля – к ручным УЗД по ГОСТ 23049-84.

По устойчивости к механическим воздействиям дефектоскоп является виброустойчивым по ГОСТ 23049-84. В зависимости от воздействия агрессивных и взрывоопасных сред дефектоскоп является обыкновенным по ГОСТ 23049-84.

Дефектоскоп эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50 °С. Верхнее значение относительной влажности 98% при температуре 35°С.

Технические данные

Основные параметры и характеристики дефектоскопа УД2-12 приведены в таблице 1.

Таблица 2.1

Наименование параметров и характеристик	Данные по Техническим Условиям	Результаты измерений при приемке
Абсолютная чувствительность дефектоскопа с ПЭП ПЗ-1.25-К12-002, дБ, не менее	100	110
Глубина регулировки амплитуды импульса напряжения генератора импульсов возбуждения (ГИВ), дБ, не менее	16	18
Максимальная чувствительность приемника на номинальных частотах, мВ	150	150
Отклонение максимальной чувствительности приемника на номинальных частотах, дБ, не более	± 1	
Глубина плавной регулировки усиления дефектоскопа, дБ, не менее	16	48

Максимальный ток, потребляемый дефектоскопом от источника постоянного тока напряжением 12В – не более 0,58 А. Напряжение отключения дефектоскопа от аккумуляторной батареи - $\left(10 \pm \frac{0,1}{0,2}\right)$ В. Входное сопротивление измерительного аттенюатора дефектоскопа $600 \pm 10 \Omega$.

Динамический диапазон временной регулировки чувствительности (ВРЧ) – не менее 40 дБ. Длительность зоны ВРЧ регулируется в пределах от 10 до 150 мс. Задержка зоны ВРЧ регулируется в пределах от 0 до 70 мс.

Неравномерность выравнивания амплитуд электрических сигналов на частоте 2,5 МГц в зоне действия ВРЧ составляет не более 3 дБ при глубине ВРЧ- не менее 30дБ.

Длительность зоны порогового индикатора регулируется в пределах от 3 до 200 мс. Задержка зоны порогового индикатора регулируется в пределах от 0 до 200 мс.

Длительность развертки регулируется в пределах от 0 до 1500 мс. Длительность задержки развертки регулируется в пределах от 0 до 250 мс.

Значение номинальных частот дефектоскопа- 1,25;1,8;2,5;5,0;10;МГц. Отклонение частот дефектоскопа от номинальных не более $\pm 0\%$.

Электрическое питание дефектоскопа должно осуществляться от следующих источников питания: сеть переменного тока напряжением

$\left(\begin{matrix} 24 + 2,4 \\ -3,6 \end{matrix} \right), \left(\begin{matrix} 36 + 3,6 \\ -5,4 \end{matrix} \right), \left(\begin{matrix} 220 + 22 \\ -33 \end{matrix} \right)$ В, частотой 50 ± 1 Гц; автономный источник питания – аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 12 В.

Масса дефектоскопа с аккумуляторной батареей- не более 8,4 килограммов (без комплекта ЗИП, преобразователей, выпрямителя). Габаритные размеры дефектоскопа (без ручки для переноса) – не более 170×280×350 мм. Рабочая часть экрана электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) дефектоскопа по вертикали и горизонтали, соответственно, 60×80 мм. Ширина линии луча ЭЛТ- не более 1 мм.

Диапазон измерения дефектоскопом временного интервала должен быть:

от 1-99,99 мс с дискретностью 0,01 мс

от 1-99,99 мс с дискретностью 0,1 мс

от 1-2000 мс с дискретностью 1 мс.

Полоса пропускания приемника на каждой частоте – не менее 0,4 номинальной частоты. Ослабление амплитуд сигналов аттенюатора должно быть в пределах от 0 до 62 дБ с дискретностью установки 2 дБ. Время установления рабочего режима дефектоскопа- не более 10 минут.

Затраты времени на обнаружение искусственного отражателя с ПЭП ПЗ-2,5-К12-002 определение глубины залегания и амплитуды эхо-сигнала- не более 4 минут.

Методы контроля, реализуемые дефектоскопом

Для надежного обнаружения различно ориентированных внутренних дефектов рельсов в дефектоскопе реализуются следующие методы ультразвукового контроля: теневой, зеркально-теневой (ЗТМ) и эхо-метод.

Основы эхо-метода

Эхо-метод УЗК основан на излучении в контролируемое изделие коротких зондирующих импульсов и регистрации эхо-сигнала, отражённого от дефекта. Временной интервал между зондирующим и эхоимпульсами пропорционален глубине залегания дефекта, а амплитуда, в определённых пределах, – отражающей способности (размеру) дефекта.

К преимуществам эхо-метода относятся:

Односторонний доступ к изделию;

Относительно большая чувствительность к внутренним дефектам;

Высокая точность определения координат дефектов.

К недостаткам эхо-метода можно отнести:

Большая мёртвая зона (широкий зондирующий импульс (ЗИ));

Низкая помехоустойчивость к поверхностным отражателям;

Резкая зависимость амплитуды эхо-сигнала от ориентации дефекта;

Невозможность контроля качества акустического контакта в процессе перемещения ПЭП, так как при отсутствии дефектов на выходе отсутствуют какие-либо сигналы;

Высокие требования к параллельности донной поверхности и поверхности сканирования;

Невозможность проведения контроля в случае перекрытия дефектом пучка УЗВ (ДС отсутствует);

Отсутствие ДС в случае значительного расстояния между донной поверхностью и поверхностью сканирования (большая толщина ОК);

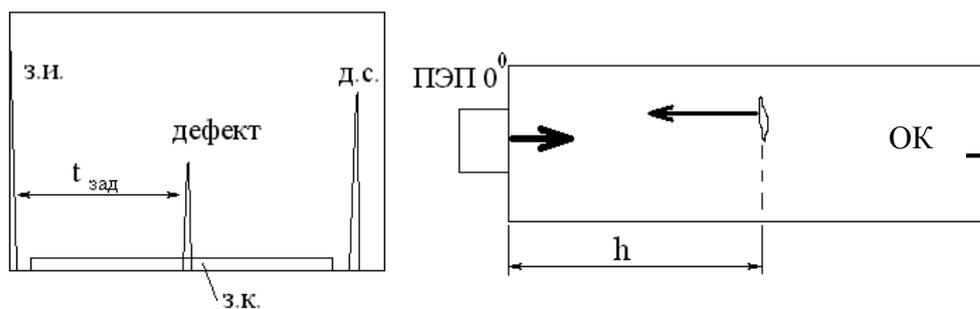


Рис.2.2. – Формирование эхо и донного сигналов

Глубина залегания дефекта h :

$$h = c \cdot t_{\text{зад}} / 2,$$

где c – скорость распространения УЗВ в ОК;

$t_{\text{зад}}$ – время задержки сигнала от дефекта.

Амплитуда эхо-сигнала зависит от величины отражателя (дефекта), свойств его поверхности и его ориентации, а также затухания ультразвуковой волны в изделии и расстояния до дефекта.

Основы зеркально-теневого метода

Особенности ЗТМ:

Отсутствие мёртвой зоны;

Выявление дефектов на любой глубине и любой ориентации;

Невозможность определения координат и размеров дефектов;

Выявление только развитых (больших) дефектов;

Параллельность поверхности сканирования и донной поверхности;

Локальное изменение акустических свойств материала (сварное соединение не контролируется);

Высокая зависимость от свойств донной поверхности;

Сильное затухание УЗВ в ОК;

Устойчивость к потере акустического контакта.

ЗТМ является комбинированным методом НК. Метод основан на анализе снижения амплитуды ДС, связанной с отражением и рассеянием на дефекте в ОК. При реализации ЗТМ в качестве излучателя и приёмника УЗВ могут использоваться:

Два рядом расположенных ПЭП в отдельных корпусах (рисунок 2), преобразователи работают в раздельном режиме.

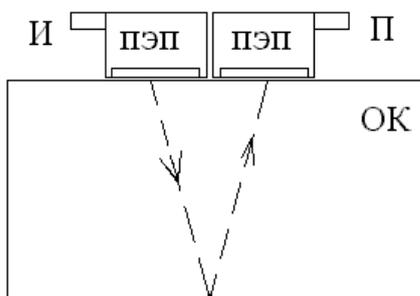


Рис.2.3. – Раздельный режим работы ПЭП

Две пьезопластины размещены в одном корпусе, причём, приёмная и передающая пьезопластины отделены друг от друга электроакустическим экраном (рисунок 3). Преобразователь работает в раздельно-совмещенном режиме.

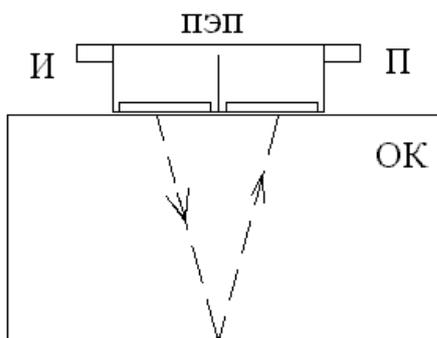


Рис.2.4. – Раздельно-совмещенный ПЭП

Одна пьезопластина осуществляет поочерёдное излучение и приём УЗВ (рисунок 2.5). Преобразователь работает в совмещённом режиме.

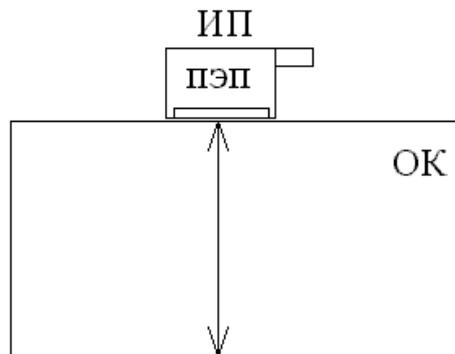


Рис.2.5. – Совмещённый режим работы ПЭП

ЗТМ основан на анализе снижения амплитуды ДС, связанного с отражением и рассеянием УЗВ на дефекте в ОК (рис. 2.6). Чем крупнее дефект, тем существеннее данное ослабление сигнала. Критерием дефектности ОК является снижение амплитуды ДС ниже уровня фиксации.

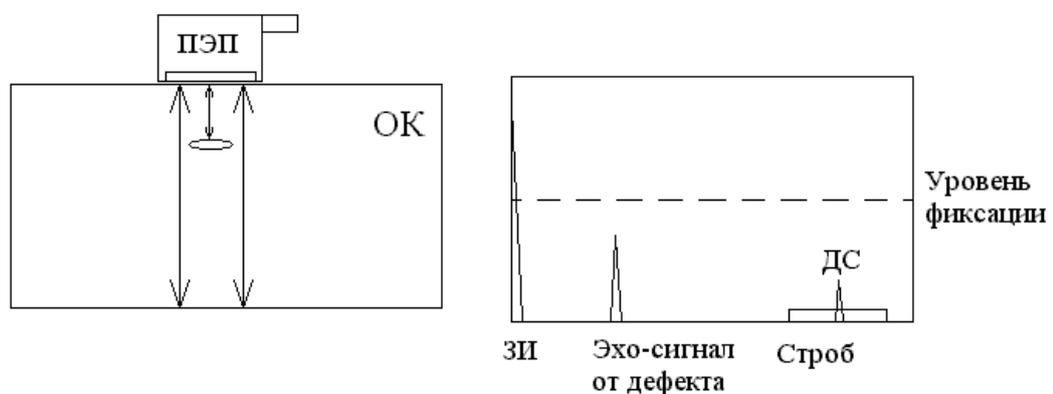


Рис.2.6. – Выделение ДС строб-импульсом

Теневой метод ультразвукового контроля

Теневой метод контроля основан на анализе амплитуды прошедшего через объект контроля сигнала.

Все основные положения, применяемые к ЗТМ, применяются также и для теневого метода контроля.

Теневой метод контроля применяется вместо эхо-метода для исследования физико-механических свойств объектов с большим коэффициентом затухания.

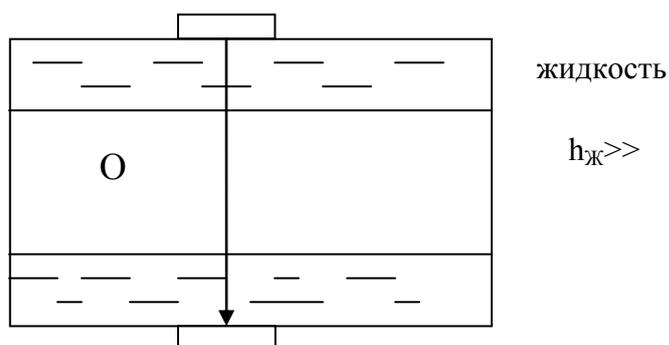


Рис.2.7. – Реализация теневого метода контроля

3. Ультразвуковые расходомеры: особенности эксплуатации, существующие проблемы и их решения

На сегодняшний день все больше и больше объектов сферы теплоэнергетики оборудуется узлами учета энергоносителей.

При грамотном построении узла учета обеспечивается существенная экономия и быстрая окупаемость затрат за счет оптимизации технологических процессов и повышения точности учета.

Механические расходомеры, применяемые в газовых и жидкостных трубопроводах, отличаются скромностью эксплуатационных достоинств. Их надежность невысока, рабочий ресурс ограничен; для тахометрических приборов, работающих с жидкими средами, крайне важна чистота жидкости.

Бытовые, а вместе с ними и все иные расходомеры, работающие под невысокой нагрузкой, прекрасно справляются с возложенными на них задачами при любом типе их конструкции. Однако контроль больших объемов транспортировки сред лучше доверить более совершенным с технической точки зрения устройствам.

К таковым можно смело отнести ультразвуковые расходомеры. высочайшая точность учета, надежность, обусловленная отсутствием трущихся и вращающихся деталей в конструкции прибора, удобство применения (установка не требует врезки в тракт трубопровода) – вот главные преимущества ультразвуковых расходомеров. К числу иных преимуществ можно отнести:

- ◆ измерение с высокой точностью в широком динамическом диапазоне;
- ◆ отсутствие потери напора и воздействия на гидродинамику потока;
- ◆ высокая надежность;
- ◆ возможность измерения расхода агрессивных, непрозрачных и неоднородных жидкостей, нефтепродуктов, а также многокомпонентных жидкостей;
- ◆ возможность имитационной поверки без необходимости демонтажа;
- ◆ возможность монтажа накладных расходомеров без остановки технологического процесса;
- ◆ низкое энергопотребление;
- ◆ стабильность метрологических характеристик;
- ◆ быстрое действие;
- ◆ долговечность.

Принцип работы ультразвукового расходомера основан на определении соотношения скорости распространения акустических колебаний в неподвижной среде и скорости

измеряемой среды. Классифицируются ультразвуковые расходомеры по следующим параметрам:

- ◆ способ перемещения ультразвуковой волны (времяпроходные, с геометрическим сносом луча и доплеровские);
- ◆ положение луча относительно потока (параллельное, под углом и перпендикулярное);
- ◆ способ размещения преобразователя (накладные, стационарные);
- ◆ количество измерительных каналов (одно-, двух- и многоканальные);
- ◆ направленность ультразвукового излучения (направленное, сферическое).

Такое разнообразие конструкций ультразвуковых расходомеров вызвано постоянной модернизацией ультразвукового метода, поскольку он является наиболее перспективным методом измерения расхода. Те или иные схемы специально создавались для конкретных условий. Так, например, многоканальный ультразвуковой расходомер жидкости имеет очень высокую точность измерения, а накладные расходомеры незаменимы в случаях, когда нужно проводить учет энергоносителя не останавливая технологический процесс.

Выпускаемые промышленностью ультразвуковые расходомеры, в зависимости от их размеров и производительности, подразделяются на портативные (которые можно без труда переносить с места на место) и стационарные приборы.

Портативные устройства предназначены для использования на трубах различного диаметра. Их применение необходимо при поисках утечек и иных нарушений геометрии трубопроводов. Стационарные расходомеры осуществляют непрерывное и высокоточное измерение количеств звукопроводящих сред в одной или – при условии интеграции вычислителя в прибор – нескольких трубах. Этим устройствам под силу интерпретировать измерения, отражая на дисплеях точные данные касательно объема, скорости прохождения и физической массы вещества.

Условия эксплуатации ультразвуковых расходомеров требуют соблюдения параметров, предусмотренных изготовителем приборов. Декларированная заводом точность промеров гарантирована лишь в приемлемых температурных условиях. Следует учитывать, что переносные ультразвуковые расходомеры менее требовательны, и многие их модели штатно работают в полевых – подчас весьма суровых – условиях. В связи с этим, периодическая калибровка показаний ультразвукового расходомера, особенно эксплуатирующегося при значительных перепадах температуры, влажности и напряжения – обязательна.

Поскольку использование ультразвукового расходомера исключает влияние на поток жидкости и осуществляется дистанционно, увеличение точности измерения этими приборами лежит исключительно в радиотехнической области. Развитие электроники и

усовершенствование методов обработки сигналов делает ультразвук потенциально наиболее точным средством измерения.

Ультразвуковые расходомеры отличаются простотой и низкой стоимостью монтажа. Их можно использовать на действующем производстве без необходимости осуществления реконструкции трубопроводного хозяйства. При этом точность измерения не зависит от показателей электропроводности жидкости. При установке ультразвуковых расходомеров не нужна дополнительная сантехническая арматура. Во время работы нет риска внесения загрязнений в измеряемые среды.

Учитывая повышенный спрос на данный вид приборов, рынок отреагировал незамедлительно – появилось множество приборов учета жидкости, как отечественных, так и импортных. Производством таких приборов в настоящее время занялись не только специалисты с накопленным опытом, но и «коммерсанты» с большим желанием сорвать куш. Не утруждая себя научными исследованиями фирмы с сомнительной репутацией изготавливают «клоны» известных приборов, заменяя оригинальные комплектующие на самые дешевые, низкого качества.

Все это приводит к тому, что вместо обещанной экономии потребитель получает массу проблем и затрат при эксплуатации таких изделий.

Поэтому при выборе приборов надо руководствоваться не только заложенным в нем способом измерения, но и репутацией фирмы-производителя.

Производственная фирма, которая работает на этом рынке, должна обладать следующими характеристиками:

1. Грамотный инженерно-технический персонал, включая директора, который разрабатывает стратегию развития фирмы и подбирает квалифицированных работников.
2. Комплексное решение всех проблем потребителя (а не каких-то отдельных вопросов).
3. Наличие выездной бригады для монтажа под ключ и обучения персонала на местах.
4. Обеспечение потребителя сервисными услугами с использованием измерительных, монтажных и других специальных приспособлений.
5. Наличие развитой сервисной сети в регионе.

Важно также знать где и для чего будет использоваться прибор учета.

Каждый принцип измерения самодостаточен для своей сферы применения и залог успеха состоит только в качественной его реализации.

Ниже представлены возможные ситуации на действующих объектах:

- качество питающей сети очень часто выходит за пределы ГОСТа, с чем, в основном, связан выход из строя приборов учета;
- влияние качества питающей сети на метрологические характеристики (импульсные помехи), а также долговременное (более 2 часов) отсутствие питающего напряжения;
- выход из строя приборов при проведении плановых сварочных работ на трубопроводах;
- переход приборов в отказ при наличии электромагнитных наводок на трубопроводе (особенно для двухканальных приборов с мультиплексированием каналов);
- снижение чувствительности прибора, вплоть до отказа, из-за отложений на ультразвуковых датчиках или образования на них масляных пленок;
- завышение расхода при попадании или образовании в трубопроводах газоздушных смесей.

Таким образом, помощь потребителю в решении этих проблем напрямую снижает его необоснованные затраты на эксплуатацию приборов с неполноценным уровнем работоспособности.

Это может быть достигнуто в том случае, если в ультразвуковом расходомере обязательно присутствуют:

- сетевой фильтр с защитными цепями от перенапряжений и импульсных помех высокого уровня;
- система обеспечения бесперебойного питания;
- полная гальваническая развязка всех каналов измерения (особенно в многоканальных системах);
- автоматическая система регулировки уровней передаваемых и принимаемых зондирующих импульсов;
- интеллектуальная система («встроенный интеллект») выделения достоверной информации о реальном расходе в трубопроводе;
- система самоочистки ультразвуковых датчиков от возможных отложений.

Также при выборе прибора необходимо обратить внимание на следующее:

- прибор внесен в Госреестр Украины;
- прибор имеет данные, подтверждающие, что срок его поверки не истек;
- погрешности прибора обеспечивают установленные нормы точности измерений;
- область применения прибора, указанная в заводском паспорте, соответствует реальным условиям использования (т.е., например, прибор для измерения расхода холодной воды не может быть применен для измерения расхода горячей воды);

- диапазон измерений, указанный в паспорте прибора (максимальный и минимальный расход теплоносителя), соответствует режимам, указанным в техусловиях (ТУ);
- электрическая часть средств и систем измерения тепловой энергии и теплоносителя, использующих электроэнергию с напряжением выше 36 В, соответствует правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

В заключение следует отметить, что в Европе ультразвуковые расходомеры используются на объектах отопления и водоснабжения очень широко, темпы роста продаж расходомеров этого типа на общемировом рынке также самые высокие. Учитывая умеренную стоимость, они могут применяться как в системах водоснабжения, так и в составе теплосчетчиков и систем предупреждения об утечках в отопительных системах на большинстве объектов, обеспечивая метрологически точные показания в широком диапазоне и в течение всего межповерочного интервала.

4. Контроль трубопроводов теплосетей интегрально-акустическим методом

Значительное число повреждений трубопроводов тепловых сетей происходит при проведении гидравлических испытаний во время подготовки к отопительному сезону. Основной причиной массовости повреждений такого рода является отсутствие достаточно полной информации о техническом состоянии трубопроводов и их способности выдерживать испытательные нагрузки.

В целях предотвращения подобных ситуаций в настоящее время для ответственных теплосетей внедряются комплексы интегрально-акустического контроля, позволяющие минимизировать материальные потери в период гидроиспытаний и, как правило, состоящие из трех последовательных мероприятий: экспертной оценки участков трубопровода, выборочного диагностирования потенциально наиболее опасных участков с проведением, при необходимости, соответствующего ремонта и, в качестве заключительной стадии – штатных гидроиспытаний.

Известно, что конструктивные особенности и условия эксплуатации трубопровода существенно варьируются от участка к участку, что приводит, в конечном счете, к различному уровню их повреждаемости. Поэтому первый этап предлагаемого метода заключается в том, что экспертная система, созданная на базе многолетней статистики по повреждаемости, автоматически ранжирует участки трубопровода по 4 категориям потенциальной аварийности: высокой, средней, ниже средней и низкой. В качестве входных данных используется информация о количестве и расположении подвижных и неподвижных опор, типе сварных швов, диаметре и толщине стенки, скорости движения жидкости, наличии электрохимической защиты, местоположении и типах компенсаторов.

На втором этапе проводится экспресс-диагностирование участков трубопровода, отнесенных к категории высокой аварийности, то есть тех участков, которые во время гидроиспытаний с большой вероятностью могут не выдержать повышенной нагрузки. Для выборочного контроля используется метод контроля акустической эмиссии (АЭ), [] зарекомендовавший себя в качестве метода интегрального (обеспечивающего 100-процентный охват объема объекта небольшим числом датчиков) и быстрого контроля протяженных объектов. Однако в данном случае АЭ контроль проводится не классическим способом, который требует 10-минутного нагружения диагностируемого трубопровода внутренним давлением, на 10-25% превышающим эксплуатационное, и обычно применяется для контроля нефте- и газопроводов [] а в режиме так называемого квазимониторинга, заключающегося в записи АЭ сигналов в течение увеличенного до 1 часа интервала времени

без изменения величины внутреннего давления. Причинами сигналов АЭ, регистрируемых в данном режиме, являются течи, развивающиеся за счет местных напряжений в зоне конструктивных нерегулярностей (отводы, врезки), дефекты, а также процесс разрушения наслоения локальных коррозионных образований под воздействием турбулентного потока жидкости []. Таким образом, режим квазимониторинга позволяет проводить АЭ контроль в штатном эксплуатационном режиме трубопровода, без остановки и отключения диагностируемых участков. В случае обнаружения аномальной зоны вскрывается труба, проводится зачистка поверхности трубы, при помощи ультразвукового толщиномера уточняются границы и степень утонения стенки, затем проводится ремонт трубы.

Третьим этапом работ, проводимых в рамках данного метода являются штатные гидроиспытания, проводимые на всех участках трубопровода. После проведения ремонта и гидроиспытаний трубопроводы поступают в эксплуатацию.

ВЫВОДЫ

1. В настоящем отчете приведен обзор современного состояния технологий контроля при строительстве и эксплуатации теплотрасс. В ходе проведенного обзора установлено, что современные технологии контроля при строительстве и эксплуатации теплотрасс являются технологиями наукоемкими, насыщенными высокотехнологичным оборудованием, для эффективной эксплуатации которого и правильной оценки результатов всем организациям, участвующим в строительстве и эксплуатации теплотрасс, рекомендуется наладить тесное сотрудничество с научно-исследовательскими организациями.
2. Кафедра «Строительного производства» СНАУ располагает необходимой материально-технической базой (ультразвуковые дефектоскопы и толщиномеры, а также твердомеры) и соответствующей нормативной литературой для выполнения работ по дефектоскопии и толщинометрии теплотрасс.
3. Кафедра «Строительного производства» СНАУ готова в рамках договорных отношений оказывать услуги по выбору типов ультразвуковых расходомеров, их эффективной эксплуатации, профилактике и ремонту.
4. Кафедра «Строительного производства» СНАУ в рамках договорных отношений может оказывать услуги по внедрению контроля трубопроводов теплосетей интегрально-акустическим методом, начиная с построения и внедрения автоматизированной экспертной системы по ранжированию участков трубопроводов по четырем категориям потенциальной аварийности.

Литература

1. Неразушающий контроль: Справочник: в 7 т. По общ. ред. Клюева В.В. Т 7: в 2 кн. Кн. 1: Иванов В.И. Власов И.Э. Метод акустической эмиссии. М. Машиностроение. 2005.
2. Буденков Г.А. Недзвецкая О.В. Сергеев В.Н., Злобин Д.В. Оценка возможностей метода акустической эмиссии при контроле магистральных трубопроводов. // Дефектоскопия, 2002, № 2, с. 29-36.
3. Кузьмин А.Н., Журавлев Д.Б., Филиппов С.Ю. Коррозия – приговор или диагноз? К вопросу технической диагностики тепловых сетей.// ТехНАДЗОР, 2009, №3.
4. Бергман Л. Ультразвук. – М.: Изд-во иностр. лит., 1957. – 726 с.
5. Биргер Г.И. Элементы общей теории ультразвуковых расходомеров // Измерит. техника. – 1961. - №4. – С. 42-48.
6. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
7. Лобачев П.В., Шевелев Ф.А. Измерение расхода жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации. – М.: Стройиздат, 1985. – 424 с.
8. Киясбейли А.Ш., Измайлов А.М., Гуревич В.М. Частотно-временные ультразвуковые расходомеры и счетчики. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
9. Коробко И.В., Гришанова И.А., Писарец А.В., Кузьменко П.К. Использование приборов коммерческого учета на Украине // Энергоснабжение (Москва). – 2005. - №3 – С.36-40.
10. Филатов В.И. Выбор типа преобразователя ультразвукового расходомера // Управление процессами при разработке и эксплуатации нефтяных месторождений. – Казань, 1974. – С. 141-144.
11. Антонов Н.Н., Борисевич Е.А., Решетников В.А., Сафин А.Г. Многоканальный ультразвуковой расходомер // Измерит. техника. – 1979. - №10. – С.43-44.

Исполнители:

Руководитель работы _____ к.т.н., проф. Кожушко В.П.

Ответственный исполнитель _____ доц. Гольченко Н.Ф.

Исполнители:

_____ доц. Шушкевич В.И.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
5. Библиографический обзор национальных и международных нормативных документов по ультразвуковому контролю.....	
6. Ультразвуковой контроль. Основные термины и определения.	
6.1. Оборудование для ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии.....	
7. Ультразвуковые расходомеры: особенности эксплуатации, существующие проблемы и их решения.....	
8. Контроль трубопроводов теплосетей интегрально-акустическим методом..	
Выводы	
Литература.....	
Приложение.....	

Введение

Ультразвуковой контроль – одна из разновидностей неразрушающего контроля. Заключается в установлении свойств исследуемого предмета при помощи ультразвука.

В настоящий момент **ультразвуковой метод контроля** является одним из самых точных методов неразрушающего контроля и технической диагностики (НКТД), толщинометрии, дефектоскопии, твердометрии и энергоаудита (контроль и учет расхода воды и жидкости).

Приборы ультразвукового контроля:

- ультразвуковые дефектоскопы (ультразвуковая дефектоскопия);
- ультразвуковые толщиномеры (ультразвуковая толщинометрия);
- ультразвуковые твердомеры (ультразвуковая твердометрия);
- ультразвуковые расходомеры (ультразвуковая расходометрия).

Дефектоскопия, ультразвуковая дефектоскопия (ультразвуковой дефектоскоп).

Ультразвуковая дефектоскопия – поиск дефектов в материале изделия ультразвуковым методом, то есть путем излучения и принятия ультразвуковых колебаний, и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы и пр. с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвуковой метод применяют для:

- **ультразвукового контроля труб;**
- ультразвукового контроля металла;
- **ультразвукового контроля полиэтилена;**
- ультразвукового контроля бетона;
- **ультразвукового контроля сварных соединений;**
- ультразвукового контроля литых заготовок и стального литья;
- **ультразвукового контроля теплотрасс;**
- **контроля сварных соединений труб;**
- неразрушающего контроля водопроводов;
- **диагностики труб, выявления коррозии теплотрасс;**
- контроля качества газопроводов;

- **контроля качества котлов;**
- ультразвукового контроля поковок;
- ультразвукового контроля поверхности колеса катания;
- ультразвукового контроля сварных стыков рельсов.

5. Библиографический обзор национальных и международных нормативных документов по ультразвуковому контролю

Ультразвуковой контроль дефектоскопами производят в соответствии с руководящими документами (РД), в которых излагаются и методики ультразвукового контроля:

- **РД СТО 02495307-002-2008** Ультразвуковой контроль сварных соединений арматуры в железобетонных конструкциях;

- **РД ПНАЭ Г-7-030-91** Ультразвуковой контроль. Часть II. Контроль сварных соединений и наплавки;

- **РД 19.100.00-КТН-545-06** Ультразвуковой контроль стенки и сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров;

- **РД 34.17.302-97 (ОП-501, ЦД-97)** Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения;

- **РД РОСЭК-001-96** Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения;

- **РД СТО 00220256-005-2005** «Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля»;

- **РД СНиП 3.05.03-85 (2000)** «Тепловые сети»;

- **РД ВСН 012-88** «Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть 1.»;

- **РД ПБ 03-585-03** «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»;

- **РД КТН 046-1-05** «Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов»;

- **РД СТО Газпром 2006** «Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов»;

- **РДИ 38.18.016-94** «Инструкция по УЗК сварных соединений технологического оборудования»;

- **РД «АК Транснефть»-2006** «Ультразвуковой контроль стенки и сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров»;

- РД -19.100.00-КТН-001-10 (взамен 046, с 2010 года) «Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов»;

РД ОСТ-32-100-87 «Ультразвуковой контроль швов сварных соединений мостов, локомотивов и вагонов»;

- РД СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции»;

- РДПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;

- РД 153-34.1-003-01 (РТМ-1С) «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования».

Основным документом, регламентирующим ультразвуковой контроль теплотрасс и иного теплоэнергетического оборудования в Украине является **СОУ-Н МПЕ 40.1.17.302:2005. Нормативный документ. Ультразвуковой контроль сварных соединений элементов котлов, трубопроводов и сосудов.** См. Приложение А.

Основные требования по выполнению работ применительно к теплотрассам и их элементам, изложены в разделах 7 и 8 данного документа.

6. Ультразвуковой контроль. Основные термины и определения.

Ультразвуковой контроль сварных соединений.

Ультразвуковой контроль сварных соединений (УЗК) – это неразрушающий контроль качества сварных соединений, проводимый в рамках строительной экспертизы и диагностики металлоконструкций, зданий и сооружений.

Ультразвуковой контроль сварных соединений является эффективным способом выявления дефектов сварных швов и металлических изделий, залегающих на глубинах от 2 миллиметров до 6-10 метров.

Ультразвуковой контроль сварных соединений осуществляют по **ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые»** и позволяет проводить ультразвуковую диагностику качества сварных соединений, выявлять и документировать дефектные участки, классифицируя их по типам и размерам. Для разных типов сварных соединений применяются соответствующие методики ультразвукового контроля. Проведение УЗК необходимо для прохождения экспертизы проектов перепланировки и надстройки этажей здания, оценки несущей способности металлоконструкций и степени их износа. При ультразвуковом контроле сварных соединений применяются эхо-импульсный, теневой или эхо-теновый методы УЗК.

Диагностика трубопроводов, водопроводов и теплотрасс.

Ультразвуковая диагностика трубопроводов, водопроводов и теплотрасс.

Ультразвуковой контроль трубопроводов включает в себя неразрушающий контроль качества трубопроводов, выборочный контроль сварных соединений трубопроводов, контроль труб (измерение толщины стенки трубы, неразрушающий контроль сварных швов труб) и выявление дефектов трубопроводов применяя методы неразрушающего контроля трубопроводов по **ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые»**. Ультразвуковой контроль труб и трубопроводов является эффективным неразрушающим методом контроля качества трубопроводов, диагностики дефектов труб, водопроводов и теплотрасс без вывода их из эксплуатации. Ультразвуковой метод контроля качества трубопроводов позволяет выполнять весь комплекс работ по ультразвуковой диагностике трубопроводов, выявлять слабые места сварных швов, внутреннюю коррозию труб теплотрасс и водопроводов, что позволяет сократить затраты на ремонт и устранение последствий аварий. Дефекты ультразвуковой диагностики трубопроводов классифицируются по типам и размерам в соответствии с методикой контроля сварных соединений трубопроводов по ГОСТ 14782-86. Методы ультразвукового

контроля теплотрасс и диагностики трубопроводов разделяются на теневой, эхо-импульсный или эхо-теневой в зависимости от положения излучателя. УЗК контроль трубопроводов осуществляют продольным и поперечным сканированием.

Проведение ультразвукового контроля

Ультразвуковой контроль сварных швов осуществляют, используя ультразвуковой дефектоскоп. Краску, ржавчину и шероховатость перед проведением ультразвуковой дефектоскопии счищают шлифовальной машиной для достижения необходимой шероховатости поверхности. В качестве контактной жидкости используется глицерин или специальный ультразвуковой гель для обеспечения акустического контакта преобразователя с поверхностью изделия.

Ультразвуковая толщинометрия

Одним из ультразвуковых методов неразрушающего контроля, используемым для определения технического состояния трубопровода (толщина стенки трубы), является **ультразвуковая толщинометрия**. Прибор, предназначенный для измерения толщины изделий из металла, пластика стенок труб, называется ультразвуковым толщиномером. Ультразвуковой толщиномер позволяет с высоким уровнем точности определить толщину измеряемого объекта, не нанося ему при этом каких-либо повреждений.

Ультразвуковая твердометрия

Ультразвуковой контроль твердости металла осуществляют, используя ультразвуковые твердомеры (ультразвуковой или контактно-импедансный метод контроля).

Помимо обычного измерения твердости металлических изделий, контактно-импедансный ультразвуковой метод особенно эффективно используется для контроля твердости поверхностно упрочненных слоев (цементация, азотирование, закалка ТВЧ и др.), гальванических покрытий (хром и др.) Ультразвуковой твердомер может быть также использован для измерения твердости изделий из мелкозернистых материалов практически любой формы и размера, особенно при локальном исследовании свойств материала.

Ультразвуковая расходометрия

Сегодня одним из наиболее эффективных способов измерения расхода жидкости является использование **ультразвуковых расходомеров** с накладными датчиками (ультразвуковой расходомер жидкости накладной), так как в этом случае отсутствует необходимость врезки в трубопровод, водопровод, газопровод, нефтепровод и не нарушается поток воды или жидкости какими-либо препятствиями внутри трубопровода. В основе ультразвукового метода контроля расхода жидкости лежит измерение разности времени прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях.

Ультразвуковой расходомер применяется для контроля расхода жидкости на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, предприятиях по переработке газа и нефти, сооружениях очистки воды и сточных вод, электростанциях и др.

6.1. Оборудование для ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-12

В настоящее время на рынке ультразвуковых приборов представлено большое разнообразие всевозможных моделей, поставляемых, как отечественными, так и зарубежными производителями. В данном разделе приводятся характеристики ультразвукового дефектоскопа, получившего наибольшее распространение в Украине (а также, используемого кафедрой «Строительного производства» СНАУ)



Рис. 2.1. - Общий вид ультразвукового дефектоскопа УД2-12

Дефектоскоп ультразвуковой УД2-12 предназначен для контроля продукции на наличие дефектов (обнаружение дефектов) типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения

глубины а координат их залегшим, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов, и работающий на частотах 1,25; 1,8; 2,5; 5,0 и 10,0 МГц.

Дефектоскоп сохраняет работоспособность при контроле материалов и изделий со скоростями распространения продольных ультразвуковых колебаний (УЗК) в диапазоне от 2240 до 6700 м/с затуханием продольных УЗК не более 3,9 дБ/см на частоте 2,5 МГц.

Диапазон толщин контролируемого материала (по стали) от 1 до 999 мм по цифровому индикатору и от 1 до 5000 мм по экрану электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

Другие параметры контролируемых объектов, ограничивающие область применения дефектоскопа, устанавливаются в нормативно-технической документации на контроль конкретных видов продукции.

УД2-12 может быть применен в машиностроении, металлургической промышленности, на железнодорожном и трубопроводном видах транспорта, энергетике для контроля изделий основного производства и технологического оборудования.

Дефектоскоп реализует эхо-метод, теневой и зеркально-теневой методы контроля.

Встроенные устройства автоматизированной обработки результатов контроля, позволяют производить настройку и диагностику технического состояния дефектоскопа с элементами самопроверки.

По функциональному назначению дефектоскоп относится ко второй группе ультразвуковых дефектоскопов (УЗД), по конструктивному исполнению – к переносный, по степени участия оператора в процессе контроля – к ручным УЗД по ГОСТ 23049-84.

По устойчивости к механическим воздействиям дефектоскоп является виброустойчивым по ГОСТ 23049-84. В зависимости от воздействия агрессивных и взрывоопасных сред дефектоскоп является обыкновенным по ГОСТ 23049-84.

Дефектоскоп эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50 °С. Верхнее значение относительной влажности 98% при температуре 35°С.

Технические данные

Основные параметры и характеристики дефектоскопа УД2-12 приведены в таблице 1.

Таблица 2.1

Наименование параметров и характеристик	Данные по Техническим Условиям	Результаты измерений при приемке
Абсолютная чувствительность дефектоскопа с ПЭП ПЗ-1.25-К12-002, дБ, не менее	100	110
Глубина регулировки амплитуды импульса напряжения генератора импульсов возбуждения (ГИВ), дБ, не менее	16	18
Максимальная чувствительность приемника на номинальных частотах, мВ	150	150
Отклонение максимальной чувствительности приемника на номинальных частотах, дБ, не более	± 1	
Глубина плавной регулировки усиления дефектоскопа, дБ, не менее	16	48

Максимальный ток, потребляемый дефектоскопом от источника постоянного тока напряжением 12В – не более 0,58 А. Напряжение отключения дефектоскопа от аккумуляторной батареи - $\left(10 \pm \frac{0,1}{0,2}\right)$ В. Входное сопротивление измерительного аттенюатора дефектоскопа $600 \pm 10 \Omega$.

Динамический диапазон временной регулировки чувствительности (ВРЧ) – не менее 40 дБ. Длительность зоны ВРЧ регулируется в пределах от 10 до 150 мс. Задержка зоны ВРЧ регулируется в пределах от 0 до 70 мс.

Неравномерность выравнивания амплитуд электрических сигналов на частоте 2,5 МГц в зоне действия ВРЧ составляет не более 3 дБ при глубине ВРЧ- не менее 30дБ.

Длительность зоны порогового индикатора регулируется в пределах от 3 до 200 мс. Задержка зоны порогового индикатора регулируется в пределах от 0 до 200 мс.

Длительность развертки регулируется в пределах от 0 до 1500 мс. Длительность задержки развертки регулируется в пределах от 0 до 250 мс.

Значение номинальных частот дефектоскопа- 1,25;1,8;2,5;5,0;10;МГц. Отклонение частот дефектоскопа от номинальных не более $\pm 0\%$.

Электрическое питание дефектоскопа должно осуществляться от следующих источников питания: сеть переменного тока напряжением

$\left(\begin{matrix} 24 + 2,4 \\ -3,6 \end{matrix} \right), \left(\begin{matrix} 36 + 3,6 \\ -5,4 \end{matrix} \right), \left(\begin{matrix} 220 + 22 \\ -33 \end{matrix} \right)$ В, частотой 50 ± 1 Гц; автономный источник питания – аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 12 В.

Масса дефектоскопа с аккумуляторной батареей- не более 8,4 килограммов (без комплекта ЗИП, преобразователей, выпрямителя). Габаритные размеры дефектоскопа (без ручки для переноса) – не более 170×280×350 мм. Рабочая часть экрана электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) дефектоскопа по вертикали и горизонтали, соответственно, 60×80 мм. Ширина линии луча ЭЛТ- не более 1 мм.

Диапазон измерения дефектоскопом временного интервала должен быть:

от 1-99,99 мс с дискретностью 0,01 мс

от 1-99,99 мс с дискретностью 0,1 мс

от 1-2000 мс с дискретностью 1 мс.

Полоса пропускания приемника на каждой частоте – не менее 0,4 номинальной частоты. Ослабление амплитуд сигналов аттенюатора должно быть в пределах от 0 до 62 дБ с дискретностью установки 2 дБ. Время установления рабочего режима дефектоскопа- не более 10 минут.

Затраты времени на обнаружение искусственного отражателя с ПЭП ПЗ-2,5-К12-002 определение глубины залегания и амплитуды эхо-сигнала- не более 4 минут.

Методы контроля, реализуемые дефектоскопом

Для надежного обнаружения различно ориентированных внутренних дефектов рельсов в дефектоскопе реализуются следующие методы ультразвукового контроля: теневой, зеркально-теневой (ЗТМ) и эхо-метод.

Основы эхо-метода

Эхо-метод УЗК основан на излучении в контролируемое изделие коротких зондирующих импульсов и регистрации эхо-сигнала, отражённого от дефекта. Временной интервал между зондирующим и эхоимпульсами пропорционален глубине залегания дефекта, а амплитуда, в определённых пределах, – отражающей способности (размеру) дефекта.

К преимуществам эхо-метода относятся:

Односторонний доступ к изделию;

Относительно большая чувствительность к внутренним дефектам;

Высокая точность определения координат дефектов.

К недостаткам эхо-метода можно отнести:

Большая мёртвая зона (широкий зондирующий импульс (ЗИ));

Низкая помехоустойчивость к поверхностным отражателям;

Резкая зависимость амплитуды эхо-сигнала от ориентации дефекта;

Невозможность контроля качества акустического контакта в процессе перемещения ПЭП, так как при отсутствии дефектов на выходе отсутствуют какие-либо сигналы;

Высокие требования к параллельности донной поверхности и поверхности сканирования;

Невозможность проведения контроля в случае перекрытия дефектом пучка УЗВ (ДС отсутствует);

Отсутствие ДС в случае значительного расстояния между донной поверхностью и поверхностью сканирования (большая толщина ОК);

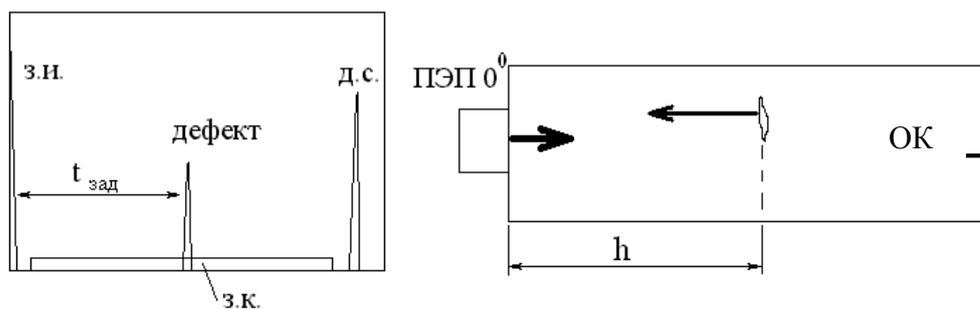


Рис.2.2. – Формирование эхо и донного сигналов

Глубина залегания дефекта h :

$$h = c \cdot t_{\text{зад}} / 2,$$

где c – скорость распространения УЗВ в ОК;

$t_{\text{зад}}$ – время задержки сигнала от дефекта.

Амплитуда эхо-сигнала зависит от величины отражателя (дефекта), свойств его поверхности и его ориентации, а также затухания ультразвуковой волны в изделии и расстояния до дефекта.

Основы зеркально-теневого метода

Особенности ЗТМ:

Отсутствие мёртвой зоны;

Выявление дефектов на любой глубине и любой ориентации;

Невозможность определения координат и размеров дефектов;

Выявление только развитых (больших) дефектов;

Параллельность поверхности сканирования и донной поверхности;

Локальное изменение акустических свойств материала (сварное соединение не контролируется);

Высокая зависимость от свойств донной поверхности;

Сильное затухание УЗВ в ОК;

Устойчивость к потере акустического контакта.

ЗТМ является комбинированным методом НК. Метод основан на анализе снижения амплитуды ДС, связанной с отражением и рассеянием на дефекте в ОК. При реализации ЗТМ в качестве излучателя и приёмника УЗВ могут использоваться:

Два рядом расположенных ПЭП в отдельных корпусах (рисунок 2), преобразователи работают в раздельном режиме.

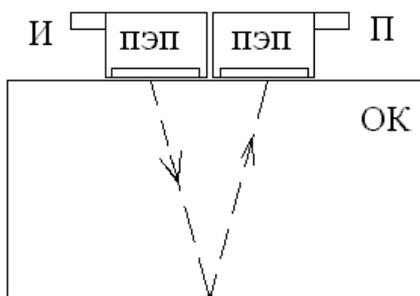


Рис.2.3. – Раздельный режим работы ПЭП

Две пьезопластины размещены в одном корпусе, причём, приёмная и передающая пьезопластины отделены друг от друга электроакустическим экраном (рисунок 3). Преобразователь работает в раздельно-совмещенном режиме.

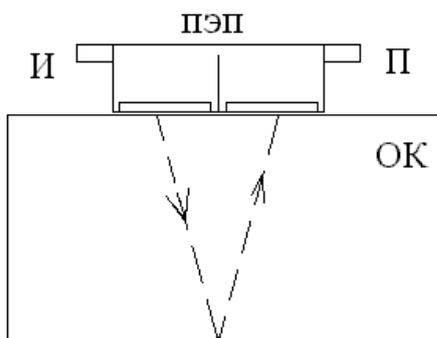


Рис.2.4. – Раздельно-совмещенный ПЭП

Одна пьезопластина осуществляет поочерёдное излучение и приём УЗВ (рисунок 2.5). Преобразователь работает в совмещённом режиме.

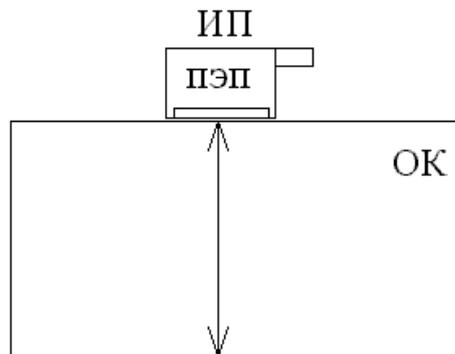


Рис.2.5. – Совмещённый режим работы ПЭП

ЗТМ основан на анализе снижения амплитуды ДС, связанного с отражением и рассеянием УЗВ на дефекте в ОК (рис. 2.6). Чем крупнее дефект, тем существеннее данное ослабление сигнала. Критерием дефектности ОК является снижение амплитуды ДС ниже уровня фиксации.

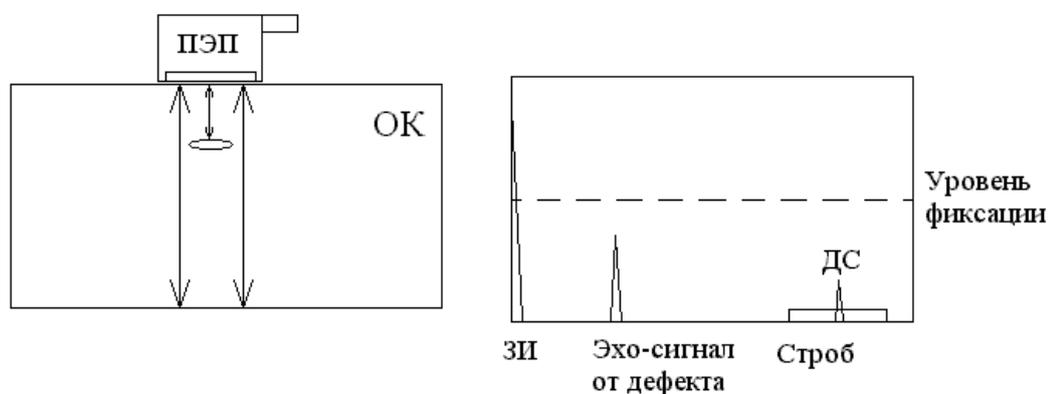


Рис.2.6. – Выделение ДС строб-импульсом

Теневой метод ультразвукового контроля

Теневой метод контроля основан на анализе амплитуды прошедшего через объект контроля сигнала.

Все основные положения, применяемые к ЗТМ, применяются также и для теневого метода контроля.

Теневой метод контроля применяется вместо эхо-метода для исследования физико-механических свойств объектов с большим коэффициентом затухания.

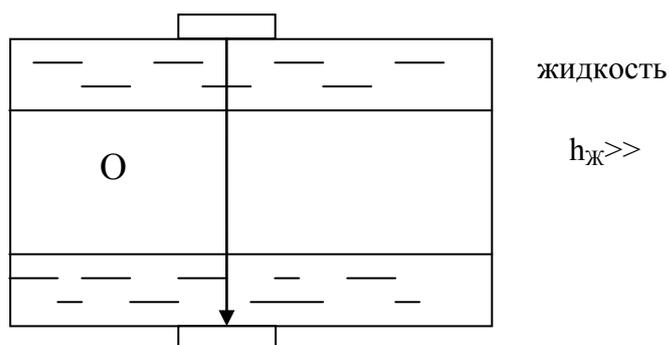


Рис.2.7. – Реализация теневого метода контроля

7. Ультразвуковые расходомеры: особенности эксплуатации, существующие проблемы и их решения

На сегодняшний день все больше и больше объектов сферы теплоэнергетики оборудуется узлами учета энергоносителей.

При грамотном построении узла учета обеспечивается существенная экономия и быстрая окупаемость затрат за счет оптимизации технологических процессов и повышения точности учета.

Механические расходомеры, применяемые в газовых и жидкостных трубопроводах, отличаются скромностью эксплуатационных достоинств. Их надежность невысока, рабочий ресурс ограничен; для тахометрических приборов, работающих с жидкими средами, крайне важна чистота жидкости.

Бытовые, а вместе с ними и все иные расходомеры, работающие под невысокой нагрузкой, прекрасно справляются с возложенными на них задачами при любом типе их конструкции. Однако контроль больших объемов транспортировки сред лучше доверить более совершенным с технической точки зрения устройствам.

К таковым можно смело отнести ультразвуковые расходомеры. высочайшая точность учета, надежность, обусловленная отсутствием трущихся и вращающихся деталей в конструкции прибора, удобство применения (установка не требует врезки в тракт трубопровода) – вот главные преимущества ультразвуковых расходомеров. К числу иных преимуществ можно отнести:

- ◆ измерение с высокой точностью в широком динамическом диапазоне;
- ◆ отсутствие потери напора и воздействия на гидродинамику потока;
- ◆ высокая надежность;
- ◆ возможность измерения расхода агрессивных, непрозрачных и неоднородных жидкостей, нефтепродуктов, а также многокомпонентных жидкостей;
- ◆ возможность имитационной поверки без необходимости демонтажа;
- ◆ возможность монтажа накладных расходомеров без остановки технологического процесса;
- ◆ низкое энергопотребление;
- ◆ стабильность метрологических характеристик;
- ◆ быстрое действие;
- ◆ долговечность.

Принцип работы ультразвукового расходомера основан на определении соотношения скорости распространения акустических колебаний в неподвижной среде и скорости

измеряемой среды. Классифицируются ультразвуковые расходомеры по следующим параметрам:

- ◆ способ перемещения ультразвуковой волны (времяпроходные, с геометрическим сносом луча и доплеровские);
- ◆ положение луча относительно потока (параллельное, под углом и перпендикулярное);
- ◆ способ размещения преобразователя (накладные, стационарные);
- ◆ количество измерительных каналов (одно-, двух- и многоканальные);
- ◆ направленность ультразвукового излучения (направленное, сферическое).

Такое разнообразие конструкций ультразвуковых расходомеров вызвано постоянной модернизацией ультразвукового метода, поскольку он является наиболее перспективным методом измерения расхода. Те или иные схемы специально создавались для конкретных условий. Так, например, многоканальный ультразвуковой расходомер жидкости имеет очень высокую точность измерения, а накладные расходомеры незаменимы в случаях, когда нужно проводить учет энергоносителя не останавливая технологический процесс.

Выпускаемые промышленностью ультразвуковые расходомеры, в зависимости от их размеров и производительности, подразделяются на портативные (которые можно без труда переносить с места на место) и стационарные приборы.

Портативные устройства предназначены для использования на трубах различного диаметра. Их применение необходимо при поисках утечек и иных нарушений геометрии трубопроводов. Стационарные расходомеры осуществляют непрерывное и высокоточное измерение количеств звукопроводящих сред в одной или – при условии интеграции вычислителя в прибор – нескольких трубах. Этим устройствам под силу интерпретировать измерения, отражая на дисплеях точные данные касательно объема, скорости прохождения и физической массы вещества.

Условия эксплуатации ультразвуковых расходомеров требуют соблюдения параметров, предусмотренных изготовителем приборов. Декларированная заводом точность промеров гарантирована лишь в приемлемых температурных условиях. Следует учитывать, что переносные ультразвуковые расходомеры менее требовательны, и многие их модели штатно работают в полевых – подчас весьма суровых – условиях. В связи с этим, периодическая калибровка показаний ультразвукового расходомера, особенно эксплуатирующегося при значительных перепадах температуры, влажности и напряжения – обязательна.

Поскольку использование ультразвукового расходомера исключает влияние на поток жидкости и осуществляется дистанционно, увеличение точности измерения этими приборами лежит исключительно в радиотехнической области. Развитие электроники и

усовершенствование методов обработки сигналов делает ультразвук потенциально наиболее точным средством измерения.

Ультразвуковые расходомеры отличаются простотой и низкой стоимостью монтажа. Их можно использовать на действующем производстве без необходимости осуществления реконструкции трубопроводного хозяйства. При этом точность измерения не зависит от показателей электропроводности жидкости. При установке ультразвуковых расходомеров не нужна дополнительная сантехническая арматура. Во время работы нет риска внесения загрязнений в измеряемые среды.

Учитывая повышенный спрос на данный вид приборов, рынок отреагировал незамедлительно – появилось множество приборов учета жидкости, как отечественных, так и импортных. Производством таких приборов в настоящее время занялись не только специалисты с накопленным опытом, но и «коммерсанты» с большим желанием сорвать куш. Не утруждая себя научными исследованиями фирмы с сомнительной репутацией изготавливают «клоны» известных приборов, заменяя оригинальные комплектующие на самые дешевые, низкого качества.

Все это приводит к тому, что вместо обещанной экономии потребитель получает массу проблем и затрат при эксплуатации таких изделий.

Поэтому при выборе приборов надо руководствоваться не только заложенным в нем способом измерения, но и репутацией фирмы-производителя.

Производственная фирма, которая работает на этом рынке, должна обладать следующими характеристиками:

6. Грамотный инженерно-технический персонал, включая директора, который разрабатывает стратегию развития фирмы и подбирает квалифицированных работников.
7. Комплексное решение всех проблем потребителя (а не каких-то отдельных вопросов).
8. Наличие выездной бригады для монтажа под ключ и обучения персонала на местах.
9. Обеспечение потребителя сервисными услугами с использованием измерительных, монтажных и других специальных приспособлений.
10. Наличие развитой сервисной сети в регионе.

Важно также знать где и для чего будет использоваться прибор учета.

Каждый принцип измерения самодостаточен для своей сферы применения и залог успеха состоит только в качественной его реализации.

Ниже представлены возможные ситуации на действующих объектах:

- качество питающей сети очень часто выходит за пределы ГОСТа, с чем, в основном, связан выход из строя приборов учета;
- влияние качества питающей сети на метрологические характеристики (импульсные помехи), а также долговременное (более 2 часов) отсутствие питающего напряжения;
- выход из строя приборов при проведении плановых сварочных работ на трубопроводах;
- переход приборов в отказ при наличии электромагнитных наводок на трубопроводе (особенно для двухканальных приборов с мультиплексированием каналов);
- снижение чувствительности прибора, вплоть до отказа, из-за отложений на ультразвуковых датчиках или образования на них масляных пленок;
- завышение расхода при попадании или образовании в трубопроводах газоздушных смесей.

Таким образом, помощь потребителю в решении этих проблем напрямую снижает его необоснованные затраты на эксплуатацию приборов с неполноценным уровнем работоспособности.

Это может быть достигнуто в том случае, если в ультразвуковом расходомере обязательно присутствуют:

- сетевой фильтр с защитными цепями от перенапряжений и импульсных помех высокого уровня;
- система обеспечения бесперебойного питания;
- полная гальваническая развязка всех каналов измерения (особенно в многоканальных системах);
- автоматическая система регулировки уровней передаваемых и принимаемых зондирующих импульсов;
- интеллектуальная система («встроенный интеллект») выделения достоверной информации о реальном расходе в трубопроводе;
- система самоочистки ультразвуковых датчиков от возможных отложений.

Также при выборе прибора необходимо обратить внимание на следующее:

- прибор внесен в Госреестр Украины;
- прибор имеет данные, подтверждающие, что срок его поверки не истек;
- погрешности прибора обеспечивают установленные нормы точности измерений;
- область применения прибора, указанная в заводском паспорте, соответствует реальным условиям использования (т.е., например, прибор для измерения расхода холодной воды не может быть применен для измерения расхода горячей воды);

- диапазон измерений, указанный в паспорте прибора (максимальный и минимальный расход теплоносителя), соответствует режимам, указанным в техусловиях (ТУ);
- электрическая часть средств и систем измерения тепловой энергии и теплоносителя, использующих электроэнергию с напряжением выше 36 В, соответствует правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

В заключение следует отметить, что в Европе ультразвуковые расходомеры используются на объектах отопления и водоснабжения очень широко, темпы роста продаж расходомеров этого типа на общемировом рынке также самые высокие. Учитывая умеренную стоимость, они могут применяться как в системах водоснабжения, так и в составе теплосчетчиков и систем предупреждения об утечках в отопительных системах на большинстве объектов, обеспечивая метрологически точные показания в широком диапазоне и в течение всего межповерочного интервала.

8. Контроль трубопроводов теплосетей интегрально-акустическим методом

Значительное число повреждений трубопроводов тепловых сетей происходит при проведении гидравлических испытаний во время подготовки к отопительному сезону. Основной причиной массовости повреждений такого рода является отсутствие достаточно полной информации о техническом состоянии трубопроводов и их способности выдерживать испытательные нагрузки.

В целях предотвращения подобных ситуаций в настоящее время для ответственных теплосетей внедряются комплексы интегрально-акустического контроля, позволяющие минимизировать материальные потери в период гидроиспытаний и, как правило, состоящие из трех последовательных мероприятий: экспертной оценки участков трубопровода, выборочного диагностирования потенциально наиболее опасных участков с проведением, при необходимости, соответствующего ремонта и, в качестве заключительной стадии – штатных гидроиспытаний.

Известно, что конструктивные особенности и условия эксплуатации трубопровода существенно варьируются от участка к участку, что приводит, в конечном счете, к различному уровню их повреждаемости. Поэтому первый этап предлагаемого метода заключается в том, что экспертная система, созданная на базе многолетней статистики по повреждаемости, автоматически ранжирует участки трубопровода по 4 категориям потенциальной аварийности: высокой, средней, ниже средней и низкой. В качестве входных данных используется информация о количестве и расположении подвижных и неподвижных опор, типе сварных швов, диаметре и толщине стенки, скорости движения жидкости, наличии электрохимической защиты, местоположении и типах компенсаторов.

На втором этапе проводится экспресс-диагностирование участков трубопровода, отнесенных к категории высокой аварийности, то есть тех участков, которые во время гидроиспытаний с большой вероятностью могут не выдержать повышенной нагрузки. Для выборочного контроля используется метод контроля акустической эмиссии (АЭ), [] зарекомендовавший себя в качестве метода интегрального (обеспечивающего 100-процентный охват объема объекта небольшим числом датчиков) и быстрого контроля протяженных объектов. Однако в данном случае АЭ контроль проводится не классическим способом, который требует 10-минутного нагружения диагностируемого трубопровода внутренним давлением, на 10-25% превышающим эксплуатационное, и обычно применяется для контроля нефте- и газопроводов [] а в режиме так называемого квазимониторинга, заключающегося в записи АЭ сигналов в течение увеличенного до 1 часа интервала времени

без изменения величины внутреннего давления. Причинами сигналов АЭ, регистрируемых в данном режиме, являются течи, развивающиеся за счет местных напряжений в зоне конструктивных нерегулярностей (отводы, врезки), дефекты, а также процесс разрушения наслоения локальных коррозионных образований под воздействием турбулентного потока жидкости []. Таким образом, режим квазимониторинга позволяет проводить АЭ контроль в штатном эксплуатационном режиме трубопровода, без остановки и отключения диагностируемых участков. В случае обнаружения аномальной зоны вскрывается труба, проводится зачистка поверхности трубы, при помощи ультразвукового толщиномера уточняются границы и степень утонения стенки, затем проводится ремонт трубы.

Третьим этапом работ, проводимых в рамках данного метода являются штатные гидроиспытания, проводимые на всех участках трубопровода. После проведения ремонта и гидроиспытаний трубопроводы поступают в эксплуатацию.

ВЫВОДЫ

5. В настоящем отчете приведен обзор современного состояния технологий контроля при строительстве и эксплуатации теплотрасс. В ходе проведенного обзора установлено, что современные технологии контроля при строительстве и эксплуатации теплотрасс являются технологиями наукоемкими, насыщенными высокотехнологичным оборудованием, для эффективной эксплуатации которого и правильной оценки результатов всем организациям, участвующим в строительстве и эксплуатации теплотрасс, рекомендуется наладить тесное сотрудничество с научно-исследовательскими организациями.
6. Кафедра «Строительного производства» СНАУ располагает необходимой материально-технической базой (ультразвуковые дефектоскопы и толщиномеры, а также твердомеры) и соответствующей нормативной литературой для выполнения работ по дефектоскопии и толщинометрии теплотрасс.
7. Кафедра «Строительного производства» СНАУ готова в рамках договорных отношений оказывать услуги по выбору типов ультразвуковых расходомеров, их эффективной эксплуатации, профилактике и ремонту.
8. Кафедра «Строительного производства» СНАУ в рамках договорных отношений может оказывать услуги по внедрению контроля трубопроводов теплосетей интегрально-акустическим методом, начиная с построения и внедрения автоматизированной экспертной системы по ранжированию участков трубопроводов по четырем категориям потенциальной аварийности.

Литература

12. Неразушающий контроль: Справочник: в 7 т. По общ. ред. Клюева В.В. Т 7: в 2 кн. Кн. 1: Иванов В.И. Власов И.Э. Метод акустической эмиссии. М. Машиностроение. 2005.
13. Буденков Г.А. Недзвецкая О.В. Сергеев В.Н., Злобин Д.В. Оценка возможностей метода акустической эмиссии при контроле магистральных трубопроводов. // Дефектоскопия, 2002, № 2, с. 29-36.
14. Кузьмин А.Н., Журавлев Д.Б., Филиппов С.Ю. Коррозия – приговор или диагноз? К вопросу технической диагностики тепловых сетей.// ТехНАДЗОР, 2009, №3.
15. Бергман Л. Ультразвук. – М.: Изд-во иностр. лит., 1957. – 726 с.
16. Биргер Г.И. Элементы общей теории ультразвуковых расходомеров // Измерит. техника. – 1961. - №4. – С. 42-48.
17. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
18. Лобачев П.В., Шевелев Ф.А. Измерение расхода жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации. – М.: Стройиздат, 1985. – 424 с.
19. Киясбейли А.Ш., Измайлов А.М., Гуревич В.М. Частотно-временные ультразвуковые расходомеры и счетчики. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
20. Коробко И.В., Гришанова И.А., Писарец А.В., Кузьменко П.К. Использование приборов коммерческого учета на Украине // Энергоснабжение (Москва). – 2005. - №3 – С.36-40.
21. Филатов В.И. Выбор типа преобразователя ультразвукового расходомера // Управление процессами при разработке и эксплуатации нефтяных месторождений. – Казань, 1974. – С. 141-144.
22. Антонов Н.Н., Борисевич Е.А., Решетников В.А., Сафин А.Г. Многоканальный ультразвуковой расходомер // Измерит. техника. – 1979. - №10. – С.43-44.