

# СКАНИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ



**ВОПИЛКИН**  
**Алексей Харитонович**  
Д-р техн. наук, профессор,  
генеральный директор,  
ООО «НПЦ «ЭХО+»,  
Москва



**ПРОНИН**  
**Виталий Владимирович**  
Начальник лаборатории  
ООО «НПЦ «ЭХО+»,  
Москва



**ТИХОНОВ**  
**Дмитрий Сергеевич**  
Канд. техн. наук, технический  
директор ООО «НПЦ «ЭХО+»,  
Москва

Сканирующие устройства решают две главные задачи автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК) – это замена ручного перемещения ультразвуковых преобразователей механическим сканированием и обеспечение записи эхосигналов на пространственной сетке, привязанной к системе координат контролируемого изделия. Попутно с решением этих задач сканеры обеспечивают равномерное прижатие к поверхности металла от одного до нескольких преобразователей. На сканерах размещают преусилители УЗ-сигналов, что позволяет удалить аналого-цифровое преобразование от объекта контроля и повысить качество сигнала. Кроме того, сканеры обеспечивают электрическое подключение нескольких преобразователей и при необходимости распределенную подачу контактной жидкости.

Требования к сканирующему устройству для проведения АУЗК, полностью определяющие его технические характеристики и внешний образ, можно разделить на три основные группы. Первая группа требований определяет точную конфигурацию объекта контроля и условий, в которых должен проводиться контроль, вторая группа относится к схемам и параметрам самого сканирования по методике контроля и третья группа – к аппаратуре

контроля, в составе которой должен работать этот сканер. Конечно же, технические характеристики готового сканера также подчинены этой простой классификации.

## Объект контроля

Для разработки хорошего сканера необходимы очень точные знания параметров объекта контроля. Наибольшая часть проблем, связанных с эксплуатацией сканеров определенного назначения, обусловлены именно тем, что параметры объекта определены неточно или неизвестны. Оказавшись на объекте со сканером, дефектоскописты подчас узнают об объекте контроля много нового, о чем не предполагали инженеры при разработке сканера – трубы обладают излишней эллипсностью, конусные переходы слишком длинны, валики усиления и волнистость поверхности выходят за допустимые пределы. Эти отклонения могут привести к тому, что работа со сканером на таком объекте становится невозможной. Поэтому крайне важны не только параметры объекта контроля по исходной конструкторской документации, но и всевозможные отклонения от нее, допущенные при монтаже. Также необходимо знать об ограничении доступа – о размещении объекта, конструкциях и других

Технология контроля	Однокоординатное сканирование		Двухкоординатное сканирование	
	Ручной	Моторизованный	Ручной	Моторизованный
Традиционный УЗК	МиниЭнкодер Мышь Сканер СК159-426	Мышь Сканер патрубков СК89-273 Сканер СК159-426 Рысь	Хамелеон	Сканер патрубков СК89-273 Конь
TOFD	Хамелеон	Паук Рысь		
Фазированные решетки (цифровая фокусировка антенны)	МиниЭнкодер Мышь Сканер патрубков СК89-273 Сканер СК159-426 Хамелеон Кот	Мышь Сканер патрубков СК89-273 Сканер СК159-426 Паук Кот Рысь	Сканер патрубков СК89-273 Хамелеон	Сканер патрубков СК89-273 Конь
TOFD и фазированные решетки	Хамелеон	Паук		

Область применения

Наименование сканера	Применение									
	МиниЭнкодер	Мышь	Сканер патрубков СК89-273	Сканер СК159-426	Хамелеон	Паук	Кот	Конь	Рысь	
Трубы и сосуды от $\varnothing 426$ мм до плоскости из углеродистых сталей (кольцевые и продольные швы, основной металл)	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Трубы и сосуды от $\varnothing 426$ мм до плоскости из нержавеющей сталей (кольцевые швы)	✓							✓	✓	
Трубы и патрубки от $\varnothing 159$ мм до $\varnothing 426$ мм из углеродистых сталей (кольцевые швы)	✓	✓		✓	✓					
Трубы и патрубки от $\varnothing 159$ мм до $\varnothing 426$ мм из нержавеющей сталей (кольцевые швы)	✓			✓						
Трубы и патрубки от $\varnothing 89$ мм до $\varnothing 426$ мм из углеродистых сталей (кольцевые швы)	✓	✓	✓							
Трубы и патрубки от $\varnothing 89$ мм до $\varnothing 426$ мм из нержавеющей сталей (кольцевые швы)	✓		✓							
Коррозионный мониторинг труб и сосудов от $\varnothing 159$ мм до плоскости из углеродистых сталей (основной металл)	✓				✓					

Рис. 1. Классификация промышленных сканеров АУЗК, изготавливаемых ООО «НПЦ «ЭХО+»

объектах, препятствующих сканированию и расположенных в непосредственной близости от сканера, возможном влиянии работ, проводимых параллельно с контролем.

**Параметры и условия сканирования**

Данный набор требований должен определять конструкцию и условия подключения перемещаемых преобразователей, их количество, схему их размещения и сканирования на объекте контроля, необходимость и параметры взаимной регулировки положений преобразователей. При этом должны быть определены: минимальное разрешение кодировщика положения, диапазон измерения координаты вдоль осей перемещения, погрешность измерения координаты преобразователей при перемещении на заданное расстояние по каждой из осей координат. Также должны быть определены: требования, касающиеся способа привязки системы координат сканера к системе координат объекта контроля, масса, время установки сканера на объект, время сбора данных (скорость сканирования по всем осям), необхо-

димость подачи под призму контактной жидкости, тип контактной жидкости. Одним из важнейших параметров является усилие прижима преобразователей к поверхности объекта контроля. Многочисленные опыты позволили определить оптимальное значение этого параметра для контактного способа ввода ультразвука при использовании воды и глицерина в качестве контактных жидкостей.

**Аппаратура контроля**

Данная группа требований полностью определяет технические средства контроля, в составе которых должен работать данный сканер. Типы разъемов подключения питания и управления сканером, размещение на нем дополнительных, например коммутационных, элементов и пр.

В настоящей статье представлены основные промышленные сканеры автоматизированного ультразвукового контроля, разработанные ООО «НПЦ «ЭХО+». Многолетний опыт проведения ультразвукового контроля позволил определить технические требования к разрабатываемым ска-



Рис. 2. Сканер «МиниЭнкодер»

нерам. На рис. 1 приведена классификация сканеров в зависимости от метода контроля и области применения (объекта контроля). По техническим характеристикам сканеры разделены на однокоординатные и двухкоординатные, моторизованные и ручные, трековые или на магнитных колесах.

Все сканеры АУЗК производства ООО «НПЦ «ЭХО+» (рис. 1) совместимы с основными типами дефектоскопов с технологией фазированных решеток, а именно: OmniScan SX, MX, MX2 (Olympus), Narfang X-32, VEO (Sonatest), Gekko (M2M).

### Сканер «МиниЭнкодер»

Миниатюрный ручной однокоординатный сканер «МиниЭнкодер» (рис. 2) предназначен для проведения ультразвукового контроля труднодоступных мест совместно с дефектоскопами, поддерживающими запись данных УЗК. Сканер определяет положение и размеры дефектов вдоль оси сканирования.

#### Применение:

- контроль сварных соединений методами фазированной решетки с ручным перемещением сканера;
- УЗК труднодоступных мест;
- лабораторные исследования.

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 59 мм до плоских изделий.
- Съемное колесо.
- Сканирование с применением фазированных решеток по одной оси ручным способом.
- Универсальный кронштейн для крепления преобразователя.
- Пружинное прижатие преобразователя к поверхности объекта контроля.
- Корпус из нержавеющей стали.
- Герметичный (IP65).



Рис. 3. Сканер «Мышь» (слева) и блок управления сканером (справа)

- Колесо с резиновым кольцом-шиной для обеспечения лучшего сцепления с поверхностью контролируемого изделия.

#### Размеры:

- длина × ширина × высота (колесо  $\varnothing$  38 мм) = 51 × 69 × 38 (мм).
- масса 0,3 кг.

### Сканер «Мышь»

Однокоординатный сканер «Мышь» (рис. 3) на магнитных колесах разработан для контроля сварных соединений трубопроводов, емкостей и сосудов. Может быть оснащен мотором-редуктором и блоком управления для работы в автоматизированном режиме перемещения.

#### Применение:

- контроль сварных соединений методами фазированной решетки с ручным перемещением сканера;
- контроль сварных соединений методами фазированной решетки с автоматизированным перемещением сканера;

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 259 мм до плоских изделий.
- Оснащение магнитными колесами с возможностью фиксации положения на поверхности контролируемого изделия.
- Сканирование с применением фазированных решеток по одной оси ручным или моторизованным способом (в зависимости от комплектации).
- Наличие у прижимов вилок для крепления преобразователей с призмами шириной от 20 мм и более.
- Оснащенность сканера «Мышь-Авто» блоком управления для автоматизированного перемещения с регулировкой скорости и направления.

**Размеры:**

- длина × ширина × высота (без направляющей и прижима) = 149,4 × 169,8 × 79,8 (мм).
- масса 1,4 кг.

**Сканер патрубков СК89-273**

Моторизованный двухкоординатный сканер СК89-273 (рис. 4) разработан для ультразвукового контроля кольцевых сварных соединений приварки патрубков трубопроводов. Перемещение сканера проводится по треку, установленному на объект контроля. Сканер оснащен вторым энкодером для ручного поперечного сканирования оси сварного соединения. Элементы сканера выполнены из коррозионно-стойких материалов.

**Применение:**

- однокоординатный контроль кольцевых сварных соединений методами фазированной решетки с автоматизированным перемещением сканера;
- двухкоординатный контроль кольцевых сварных соединений методами фазированной решетки с автоматизированным перемещением сканера по одной оси (ось вдоль шва) и ручным по второй оси.

**Характеристики**

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 89 до 279 мм.
- Перемещение по треку, который устанавливается на объект контроля.
- Сканирование с применением фазированных решеток по одной оси автоматизированным способом.
- Возможность установки второго энкодера для двухкоординатного сканирования.
- Оснащенность блоком управления для автоматизированного перемещения с регулировкой скорости и направления.
- Оснащенность прижимом, обеспечивающим оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.
- Ширина вилки прижима для крепления преобразователя с призмой от 20 мм и более.

**Размеры:**

- длина × ширина × высота (без трека) = 350 × 256 × 117 (мм).
- масса (без трека): 3,6 кг.

**Сканер СК159-426**

Однокоординатный сканер СК159-246 (рис. 5) разработан для ультразвукового контроля кольцевых сварных соединений. Перемещение сканера проводится по треку, установленному на объект контроля. Сканер поставляется в двух комплектациях: для ручного и для автоматизированного контроля. Элементы сканера выполнены из коррозионно-стойких материалов.

**Применение:**

- однокоординатный контроль кольцевых сварных соединений методами фазированной решетки с автоматизированным перемещением сканера;
- однокоординатный контроль кольцевых сварных соединений методами фазированной решетки с ручным перемещением сканера.

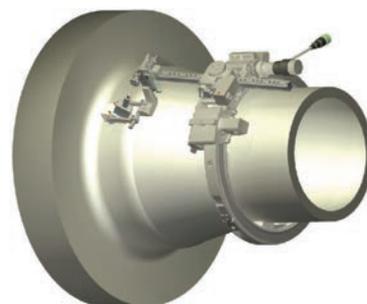


Рис. 4. Сканер патрубков СК89-273



Рис. 5. Сканер СК159-426

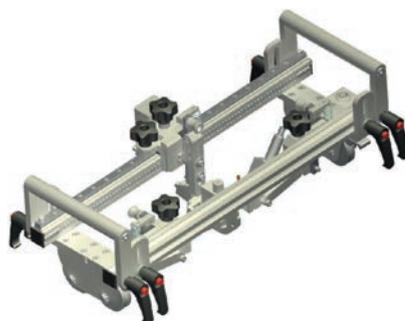


Рис. 6. Сканер «Хамелеон»



Рис. 7. Сканер «Паук»



Рис. 8. Сканер «Кот»

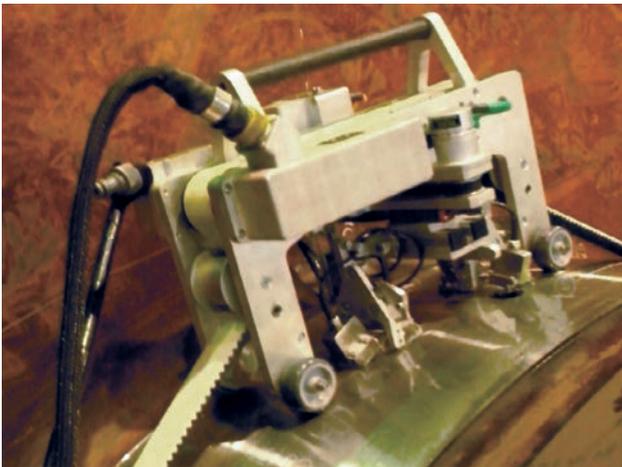


Рис. 9. Сканер «Конь»

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 159 до 426 мм.
- Перемещение по треку, который устанавливается на объект контроля.
- Оснащенность моторизованным блоком управления для автоматизированного перемещения с регулировкой скорости и направления.
- Наличие прижима, обеспечивающего оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.

- Наличие прижима для контроля на поперечные дефекты.
- Ширина вилки прижимов для крепления преобразователя с призмой шириной от 20 мм и более.
- Каретки для крепления прижимов съемные, что позволяет проводить односторонний контроль сварных соединений и быструю перестановку в процессе проведения АУЗК.
- Каретка длиной 110 мм и длиной хода 87 мм.
- Оснащенность съемным мотор-редуктором для автоматизированного перемещения по треку.

#### Размеры:

- длина × ширина × высота (без трека) = 279 × 79 × 264 (мм).
- масса (без трека): 1,8 – 1,9 кг в зависимости от наличия мотора-редуктора.

#### Сканер «Хамелеон»

Ручной двухкоординатный сканер «Хамелеон» (рис. 6) на магнитных колесах разработан для ультразвукового контроля сварных соединений и основного металла трубопроводов из сталей перлитного класса. Сканер является идеальным решением для контроля сварных соединений и основного металла трубопроводов методами фазированной решетки, TOFD, сплошной ультразвуковой толщинометрии. Широкий диапазон контролируемых толщин и диаметров трубопроводов делает сканер по-настоящему универсальным.

#### Применение:

- контроль сварных соединений методами фазированной решетки;
- контроль сварных соединений методом TOFD;
- коррозионный мониторинг основного металла трубопроводов, емкостей и сосудов.

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 159 мм до плоских изделий.
- Оснащенность магнитными колесами с возможностью фиксации положения на объекте.
- Наличие прижимов для преобразователей, обеспечивающих оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.
- Оснащенность прижимов универсальными вилками для крепления преобразователей с призмой шириной от 30 до 40 мм.
- Ручное сканирование по одной или двум осям в зависимости от комплектации.
- Возможность собрать любую конфигурацию сканера из составных частей.

#### Размеры:

- длина × ширина × высота = 433 × 213 × 146,5 (мм).
- масса 3,8 кг.

### Сканер «Паук»

Моторизованный однокоординатный сканер «Паук» (рис. 7) на магнитных колесах разработан для ультразвукового контроля сварных соединений трубопроводов из сталей перлитного класса. Перемещение сканера осуществляется автоматизированно блоком управления сканером.

#### Применение:

- ультразвуковой контроль с применением метода TOFD;
- ультразвуковой контроль с применением методов фазированных решеток;
- ультразвуковой контроль с совмещением методов фазированной решетки и TOFD.

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от  $\varnothing 159$  мм до плоскости.
- Оснащенность блоком управления сканера для автоматизированного контроля.
- Наличие прижимов, обеспечивающих оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.
- Ширина вилки прижимов для крепления фазированной решетки с призмой от 20 мм.
- Оснащенность магнитными колесами с возможностью фиксации положения на объекте.
- Дополнительная возможность оснащения лазерным целеуказателем и предусителем TOFD.

### Сканер «Кот»

Моторизованный однокоординатный сканер «Кот» (рис. 8) на магнитных колесах разработан для ультразвукового контроля кольцевых и продольных сварных соединений трубопроводов с односторонним или двусторонним доступом. Перемещение сканера происходит автоматизированно с помощью блока управления сканером. При контроле, для выравнивания траектории движения сканера, используется трек в качестве направляющей.

#### Применение:

- ультразвуковой контроль перлитных сварных соединений с применением методов фазированных решеток.

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от  $\varnothing 159$  мм до плоскости.
- Оснащенность блоком управления сканера для автоматизированного контроля.
- Наличие прижимов, обеспечивающих оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.

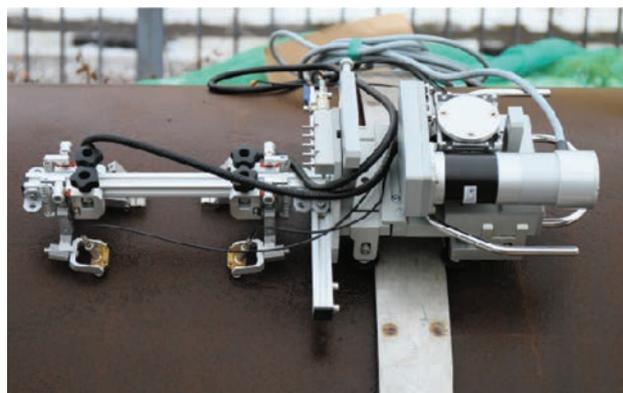
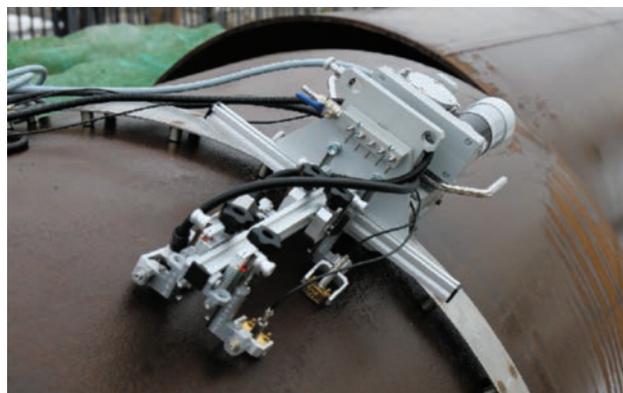


Рис. 10. Сканер «Рысь»

- Ширина вилки прижимов для крепления фазированной решетки с призмой от 20 мм.
- Оснащенность магнитными колесами с возможностью фиксации положения на объекте.

#### Размеры:

- длина  $\times$  ширина  $\times$  высота = 278  $\times$  156  $\times$  118 (мм).
- масса 4,6 кг.

### Сканер «Конь»

Моторизованный двухкоординатный сканер «Кот» (рис. 9) предназначен для автоматизированного УЗК сварных соединений с ограниченным доступом (узкий зазор) с возможностью записи данных. Перемещение сканера осуществляется по натяжному ремню с применением блока управления сканером.

#### Применение:

- контроль сварных соединений методами фазированной решетки с автоматизированным перемещением сканера;
- контроль автоматизированных УЗК сварных соединений с ограниченным доступом.

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 850 мм до плоских изделий.

Важнейшие этапы развития физики, предшествовавшие появлению ультразвуковой дефектоскопии, связаны с именами Жака и Пьера Кюри, обнаруживших в 1880 г. пьезоэффект; лорда Рэлея, разработавшего в 1880–1910 гг. теорию распространения звука в твердых телах, П. Ланжевена и К. Шиловски, предложивших в 1915 г. и реализовавших гидролокацию.

Начало применения для неразрушающего контроля твердых тел высокочастотных акустических волн ультразвукового диапазона имеет точно определенную дату: 2 февраля 1928 г. Именно в этот день преподаватель Ленинградского электротехнического института (впоследствии проф., чл.-кор. АН СССР) Сергей Яковлевич Соколов подал заявку и позднее получил патент СССР № 11371 на способ и устройство для испытания металлов. В предмете изобретения, в частности, говорилось: «Способ испытания металлов, характеризующийся тем, что в жидкости при помощи пьезокварца или иным способом возбуждают упругие колебания высокой частоты и по степени поглощения этих колебаний находящимся в жидкости или в соприкосновении с нею испытываемым металлическим образцом судят об его свойствах, например о степени его закалки, о химическом его составе, о механической его однородности, о наличии в нем раковин или трещин и т.п.»

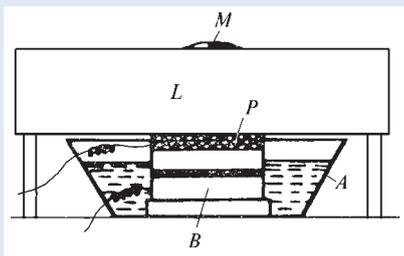


Схема ультразвукового дефектоскопа из патента С. Я. Соколова:

A – сосуда с маслом; B – вибратор (излучатель ультразвука); P – ртуть; L – испытываемый образец; M – капля масла – индикатор интенсивности ультразвука

Заявке предшествовали исследования, доказавшие хорошее прохождение УЗ-волн в металлах, влияние на его распространение состояния металла (его структуры) и наличия пороков (дефектов). На основе исследований был правильно выбран способ возбуждения ультразвука – пьезоэлектрический – и диапазон рабочих частот: 2–4 МГц. До настоящего времени контроль осуществляют на этих или близких к ним частотах.

Из книги «Неразрушающий контроль. Россия. 1900–2000 гг.»

- Двухкоординатное сканирование с применением фазированных решеток автоматизированным способом.
- Перемещение с применением блока управления сканером на удалении от объекта контроля по натяжному ремню.
- Наличие прижима, обеспечивающего оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.
- Корпус из нержавеющей стали.
- Колеса сканера с резиновыми кольцами-шинами для обеспечения лучшего сцепления с поверхностью контроля.

#### Размеры:

- длина × ширина × высота = 458 × 200 × 302,5 (мм).
- масса 9,9 кг.

### Сканер «Рысь»

Моторизованный высокопроизводительный однокоординатный сканер «Рысь» (рис. 10) предназначен для автоматизированного ультразвукового контроля кольцевых сварных соединений методами ФР и TOFD. Сканер характеризуется высокой производительностью контроля, использует до четырех преобразователей ФР и до шести преобразователей TOFD или УЗ одновременно. Сканер «Рысь» прост в применении и создан для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях. Перемещение осуществляется по треку блоком управления сканером. Элементы сканера выполнены из коррозионно-стойких материалов.

#### Применение:

- автоматизированный контроль кольцевых сварных соединений методами фазированной решетки и TOFD с записью данных.

#### Характеристики

- Диапазон контролируемых диаметров трубопроводов: от 426 мм до плоских изделий.
- Высокая производительность контроля.
- Сканирование с применением фазированных решеток и TOFD преобразователей.
- Наличие блока управления для автоматизированного перемещения с регулировкой скорости и направления.
- Перемещение по треку.
- Корпус из нержавеющей стали.
- Оснащенность прижимами, обеспечивающими оптимальный контакт с поверхностью контроля при любом положении и ориентации сканера.

#### Размеры:

- длина × ширина × высота = 458 × 200 × 302,5 (мм).
- масса: 9,9 кг.

### Заключение

В данном обзоре представлены далеко не все виды промышленных сканеров ООО «НПЦ «ЭХО+». Хотим обратить особое внимание на то, что все перечисленные сканеры прошли аттестационные испытания в составе дефектоскопов и систем ультразвукового контроля сварных соединений трубопроводов. На основе многолетней практики применения на атомных станциях, нефтеперерабатывающих заводах и других объектах клиентами и сотрудниками ООО «НПЦ «ЭХО+» сканеры обеспечивают надежное выявление всех типов дефектов сварного соединения и соответствие требованиям действующей нормативной документации. ■

# АВГУР-ТФ

## Система автоматизированного ультразвукового контроля



- Высокая производительность
- Модульная система
- Компактность и прочность
- Универсальное программное обеспечение

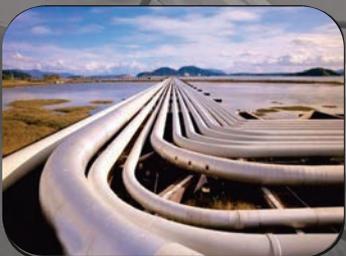
ООО «НПЦ «ЭХО+»  
Россия, 123458, Москва, ул. Твардовского д.8  
«Технопарк «СТРОГИНО»  
Тел. 8 (495) 780-92-50  
Web: www.echoplus.ru  
E-mail: echo@echoplus.ru

### Области применения АВГУР-ТФ

#### Атомная энергетика



#### Нефтегазовые магистрали



#### Нефтеперерабатывающие заводы



#### Уникальные объекты



### Высококачественный автоматизированный ультразвуковой контроль в самых тяжелых климатических условиях

- Высочайшее качество сигнала и отношение сигнал/шум
- Новейшие технологии применения фазированных решёток и цифровой фокусировки антенны (TFM)
- Поддерживает режим TOFD (до 12 каналов) и совместный режим ФР + TOFD
- Модульная система - возможность использовать до четырёх устройств одновременно в максимальной конфигурации
- Высокая производительность контроля обеспечивается максимальной скоростью передачи данных
- Корпус предназначен для работы в самых неблагоприятных условиях
- Минимум кабелей, быстрый и простой монтаж на производственной площадке, компактность - вес до 5 кг
- Питание от аккумуляторов (до 8 ч работы) или от сети 220 В
- Подключается к любому компьютеру с установленным программным обеспечением
- До 356 алгоритмов обработки данных для получения максимально полезной информации по результатам контроля и эффективного анализа данных
- Настройка индивидуального окна с отображением данных для экспертного анализа
- Широкий выбор сканирующих устройств (ручные и автоматизированные) для контроля изделий любой сложности
- Техническая поддержка на протяжении всего срока службы