

ООО «Инженерный Центр Физприбор»



РЕКОМЕНДАЦИИ

к выбору
ультразвуковых преобразователей
для ручного контроля изделий

Екатеринбург 2014



О компании

ООО «Инженерный Центр Физприбор» основано в 1993г. и специализируется на разработке и производстве приборов для ультразвукового неразрушающего контроля.

Компания выпускает весь спектр оборудования для проведения ручного ультразвукового контроля изделий. На сегодняшний день «ИЦ Физприбор» является единственным в России изготовителем аппаратуры для метрологической поверки ультразвуковых дефектоскопов. Приборы нашей компании сертифицированы Росстандартом России и с успехом используются на сотнях предприятий нашей страны.

Высокий уровень качества товаров и услуг обусловлен наличием высококвалифицированного инженерно-технического персонала, длительными научными исследованиями в области ультразвукового контроля изделий, использованием мировых достижений микроэлектроники и большим опытом работы на рынке оборудования неразрушающего контроля.

Мы надеемся, что наша компания окажется для Вас перспективным, профессиональным поставщиком и надёжным партнером в Вашем бизнесе.

ООО «ИЦ Физприбор»

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 54.

Тел./факс: (343) 355-00-53

e-mail: sale@fpribor.ru

www.fpribor.ru



Предприятие ООО "ИЦ Физприбор" сертифицировано в системе менеджмента качества ГОСТ Р ISO 9001-2008

На предприятии ООО "ИЦ Физприбор" действует аккредитованная метрологическая служба, в задачи которой входит контроль качества продукции и поверка средств измерений.

ООО "ИЦ Физприбор" является доверенным издателем программного обеспечения, сертификаты COMODO и VERISIGN.

Продукция внесена в госреестр средств измерений.

Официальная торговая марка





Оглавление

	Введение	4
1.	Контроль отливок	4
2.	Контроль плоских изделий, листов, плит	5
3.	Контроль сварных соединений	7
3.1.	Основные принципы	7
3.2.	Износостойкие наклонные ПЭП	8
3.3.	Малогабаритные наклонные ПЭП, тип П121	10
3.4.	Наклонные раздельно-совмещенные ПЭП, тип П122	12
3.5.	Хордовые преобразователи, тип П122	14
3.6.	Специальные ультразвуковые преобразователи	16
3.6.1.	Ультразвуковые преобразователи для контроля утяжеленных бурильных труб	16
3.6.2.	Ультразвуковые преобразователи с переменным углом ввода	17
3.6.3.	Комбинированный преобразователь для контроля сварных швов арматуры ПА123-1,8-65-14*14	17
3.6.4.	Специализированный ультразвуковой преобразователь для контроля резьбовой части бурильных труб ПБ121-2,5-65-14	18
3.6.5.	Комбинированный ультразвуковой преобразователь для контроля вагонных осей П131-2,5-0/18-К14	18



Введение

В данном документе представлены общие рекомендации к выбору ультразвуковых преобразователей, применяемых для контроля различных изделий. Следует подчеркнуть, что методики УЗК, схемы прозвучивания изделий, как правило, ориентированы на выявление типичных, часто встречающихся дефектов. Кроме того, существуют ограничения размеров поверхности ввода ультразвуковых волн в изделие. Именно эти обстоятельства определяют используемый тип преобразователя.

1. Контроль отливок

Основные типы дефектов в отливках – газовые поры, усадочные раковины, шлаковые включения. Это объемные несплошности. Они хорошо выявляются при любом ракурсе прозвучивания. Отливки имеют, как правило, крупный размер зерна и большую неравномерность размеров зерен, распределенных в объеме изделия. Часто при прозвучивании отливок наблюдается структурный шум – множество эхосигналов от границ зерен. Чтобы исключить образование структурного шума, используют прямые ультразвуковые преобразователи с относительно низкими частотами.

Рекомендуются следующие типы ПЭП.

П111-2,5-Ø14

П111-1,8-14*14

П111-1,25-Ø20



Прямые ПЭП с керамическим протектором, внешний вид.
Габаритные размеры

Следует отметить, что ультразвуковой контроль отливок выполняют по частным инструкциям. В настоящее время для данных объектов отсутствуют отраслевые и государственные стандарты.



2. Контроль плоских изделий, листов, плит

Как известно, плоские изделия, листы, плиты получают из литых заготовок посредством пластической деформации в горячем состоянии - прокатка или штамповка. Основные типы дефектов изготовления – расслоения, волосяны, закаты. Также, при нарушении технологии изготовления возможны трещины, выходящие на поверхность. Трещины, кроме того, являются основными эксплуатационными дефектами.

Выявление расслоений, волосовин и т.д. производится прямыми совмещенными преобразователями, тип П111, или прямыми раздельно-совмещенными ПЭП, тип П112. В Табл.1 указаны типы преобразователей рекомендуемые для контроля изделий различной толщины.

Таблица 1

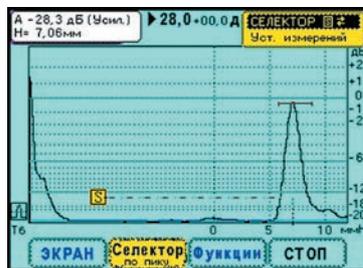
Тип преобразователя	Размер мертвой зоны (мм)	Толщина изделия (мм)
П112-8,0-5*4	-	3-6 мм
П112-5,0-Ø8	-	6-30 мм
П112-2,5-Ø14	-	30-60 мм
П111-5,0-Ø8	4	10-30 мм
П111-2,5-Ø14	10	60-200 мм
П111-1,8-14*14	15	60-400 мм



Прямые раздельно-совмещенные ПЭП, внешний вид.
Габаритные размеры



Положение преобразователя П112-5,0-8 на образце СО-2 при прозвучивании отверстия 2мм, расположенном на глубине 8мм.



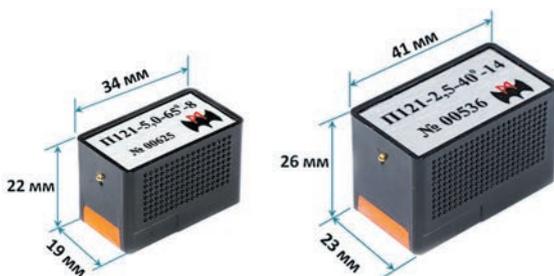
Вид экрана УД9812. Преобразователь П112-5,0-8. Эхосигнал от отверстия 2мм на глубине 8мм в образце СО-2. Разметка развертки - "ммН", глубина отражателя.



Выявление трещин, выходящих на поверхность, производится наклонными преобразователями, тип П121. Здесь используют ПЭП с небольшими углами ввода 40-50 градусов, тогда угловые отражатели (трещины) будут создавать большие по амплитуде эхосигналы. Такой параметр, как стрела ПЭП, не регламентируется. Рекомендуемые типы ПЭП указаны в Табл.2.

Таблица 2

Тип преобразователя	Угол ввода в сталь (град)	Стрела (мм)	Толщина листа (мм)
П121-5,0-50-Ø8	50	7	10-16мм
П121-2,5-50-Ø14	50	9	12-28мм
П121-2,5-40-Ø14	40	9	26-50мм
П121-1,8-40-14*14	40	9	40-110мм



Наклонные совмещенные ПЭП, внешний вид. Габаритные размеры

Широко используются следующие нормативные документы:
ГОСТ 24507-80 Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии.
ГОСТ 22727-80 Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля.
ГОСТ 28831-90 Прокат толстолистовой. Методы ультразвукового контроля.
ОСТ 108.959.03-96 (РД 2728.001.01-96) Поковки стальные для энергетического оборудования. Методика ультразвукового контроля.



3. Контроль сварных соединений

3.1. Основные принципы

В настоящее время ультразвуковой контроль сварных соединений широко применяется во всех отраслях промышленности. Существует множество инструкций УЗК, в которых имеется много общего. Можно выделить несколько принципов, обеспечивающих возможность контроля сварных швов.

1. Ультразвуковой контроль сварных соединений, как правило, выполняется наклонными совмещенными преобразователями, тип П121. В сварном шве контролируется наплавленный металл и зоны термического влияния. Прозвучивание проводится с поверхности околошовной зоны прямыми и однажды отраженными лучами ПЭП.
2. Обязательное требование. **Прозвучивание корня сварного шва должно выполняться прямыми лучами ПЭП**, поскольку корень шва (место, с которого начинается процесс сварки) является областью наиболее вероятного появления дефектов (непроваров).
3. Ультразвуковому контролю подвергаются только сварные швы с полным проплавлением сечения. Сварные соединения с конструктивными непроварами не контролируются ультразвуковым методом, т.к. в них наблюдаются эхосигналы от конструктивных особенностей шва, которые попадают в зону обнаружения УЗД и дефектоскопист как, правило, не может отличить их от эхосигналов от дефектов.
4. Прозвучивание сварного шва всегда выполняется со стороны наиболее тонкой детали. В противном случае возникают эхосигналы от конструктивных особенностей шва, которые трудно идентифицировать.

Требование прозвучивать корень сварного шва прямыми лучами ПЭП обеспечивают два параметра преобразователя - стрела L и угол ввода α (см. Рис.1).

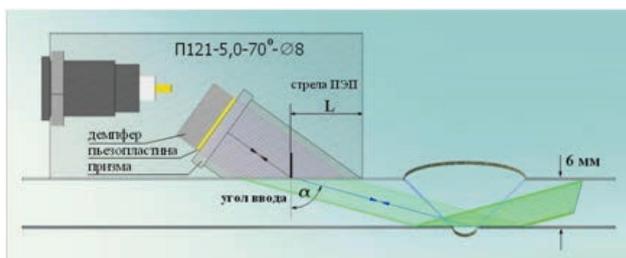


Рис.1. Прозвучивание корня сварного соединения наклонным совмещенным преобразователем



Типы преобразователей, оптимальные для контроля сварных швов определенной толщины, указаны в Табл.3.

Таблица 3

Тип преобразователя	Угол ввода в сталь (град)	Стрела (мм)	Толщина сварного шва (мм)
П121-8,0-70°-5*4	70	4	4-6 мм
П121-5,0-70°-Ø8	70	7	5-11мм
П121-5,0-65°-Ø8	65	7	10-16мм
П121-2,5-65°-Ø14	65	9	12-28мм
П121-2,5-50°-Ø14 П121-1,8-50°-14*14	50	9 10	26-50мм
П121-2,5-40°-Ø14 П121-1,8-40°-14*14	40 40	9 10	40-110мм

3.2. Износостойкие наклонные ПЭП



Наклонные ПЭП с керамическим протектором, внешний вид

Габаритные размеры ПЭП с частотой 1,8 и 2,5 МГц

Габаритные размеры ПЭП с частотой 5 МГц

Хорошо известен факт, что наклонные преобразователи подвержены износу. Продольно-поперечное сканирование по поверхности околошовной зоны приводит к истиранию призмы и корпуса ПЭП. Практика показывает, что обычный преобразователь сохраняет свои характеристики при контроле от 70 до 110 погонных метров сварного шва.

В ООО «ИЦ Физприбор» разработаны уникальные наклонные преобразователи с протектором из корундовой керамики. Износостойкость рабочей поверхности ПЭП возрастает в несколько раз. Ресурс таких преобразователей составляет 300-500 погонных метров сварных швов!

Преобразователи с протектором из керамики изготавливаются с частотами от 1,8 до 8 МГц и с углами ввода ультразвуковых колебаний от 40° до 70°. Данные ПЭП имеют чувствительность на 6-8 дБ ниже, чем обычные, тем не менее они с запасом обеспечивают настройку браковочного, контрольного и поискового уровней по всем известным методикам контроля.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблица 4

Наименование	Частота (МГц)	Раз-мер пьезо-элемента	Длительность эхосигнала (мкс) ¹	Условная чувствительность по СО-2 (дБ) ^{2,3}	Стрела (мм)	Угол ввода в сталь (град)	Ширина диаграммы направленности (град) ⁴
П121-1,8-40-К14*14	1,8	14*14	1,7	60	10	40	5
П121-1,8-45-К14*14	1,8	14*14	1,7	57	10	45	6
П121-1,8-50-К14*14	1,8	14*14	1,7	54	10	50	7
П121-1,8-55-К14*14	1,8	14*14	1,7	51	10	55	7
П121-1,8-60-К14*14	1,8	14*14	1,7	48	10	60	8
П121-1,8-65-К14*14	1,8	14*14	1,7	45	10	65	9
П121-1,8-70-К14*14	1,8	14*14	1,7	42	11	70	10
П121-1,8-90-К14*14	1,8	14*14	1,7	45 ⁵	-	Волны Рэлея	6 ⁶
П121-2,5-40-К14	2,5	∅ 14	1,3	55	9	40	5
П121-2,5-45-К14	2,5	∅ 14	1,3	55	9	45	6
П121-2,5-50-К14	2,5	∅ 14	1,3	52	9	50	7
П121-2,5-55-К14	2,5	∅ 14	1,3	48	9	55	7
П121-2,5-60-К14	2,5	∅ 14	1,3	45	9	60	8
П121-2,5-65-К14	2,5	∅ 14	1,3	43	9	65	9
П121-2,5-70-К14	2,5	∅ 14	1,3	40	10	70	10
П121-2,5-90-К14	2,5	∅ 14	1,3	45 ⁵	-	Волны Рэлея	6 ⁶
П121-5,0-40-К14	5,0	∅ 8	0,7	40	7	40	5
П121-5,0-45-К14	5,0	∅ 8	0,7	40	7	45	5
П121-5,0-50-К14	5,0	∅ 8	0,7	39	7	50	7
П121-5,0-55-К14	5,0	∅ 8	0,7	37	7	55	7
П121-5,0-60-К14	5,0	∅ 8	0,7	35	7	60	7
П121-5,0-65-К14	5,0	∅ 8	0,7	33	7	65	9
П121-5,0-70-К14	5,0	∅ 8	0,7	32	7	70	10
П121-5,0-90-К14	5,0	∅ 8	0,7	40 ⁵	-	Волны Рэлея	5 ⁶

Примечания.

В таблице указаны типовые значения технических параметров.

(1) Длительность эхосигнала определяют на уровне -6дБ от его максимума.

(2) Условная чувствительность преобразователя определяется с дефектоскопом УД9812.

(3) Условную чувствительность находят как запас усиления дефектоскопа (дБ) при настройке по эхосигналу от отверстия Ф6 мм в СО-2.

(4) В таблице указана полная ширина диаграммы направленности.

(5) Условную чувствительность преобразователей волн Рэлея находят как запас усиления дефектоскопа при настройке по эхосигналу от торца СО-2 на расстоянии 100мм.

(6) Указано расчетное значение ширины диаграммы направленности ПЭП волн Рэлея.



3.3. Малогабаритные наклонные ПЭП, тип П121

Преобразователи П121-5,0-ХХ-8-М, П121-8,0-ХХ-5*4-М применяют для проведения ультразвукового контроля изделий в стесненных условиях, когда есть ограничения по высоте и длине корпуса ПЭП. Малогабаритные наклонные ПЭП широко используются для контроля объектов в тепловой и атомной энергетике.

В практике ультразвукового контроля тонкостенных сварных швов наиболее широко используются 4 варианта малогабаритных наклонных ПЭП.

П121-5,0-65-8-М, П121-5,0-70-8-М,
П121-8,0-65-5*4-М, П121-8,0-70-5*4-М.



Размеры малогабаритных преобразователей



Стандартные ПЭП
2,5 и 1,8 МГц

Стандартные ПЭП 5 МГц

Малогабаритные ПЭП 5 и 8 МГц

Сравнение корпусов наклонных ПЭП

- Разъем: LEMO.00
- Встроенный согласующий элемент (индуктивность)
- Встроенная микросхема памяти содержит тип и номер ПЭП. Считывание данных производится по однопроводному интерфейсу. Контакт интерфейса расположен на передней грани ПЭП.
- Под заказ выполняется притирка ПЭП вдоль трубных элементов. Используется фрезерный станок с ЧПУ.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблица 5

Наименование	Частота (МГц)	Размер пьезоэлемента	Длительность эхосигнала (мкс) ¹	Условная чувствительность по СО-2 (дБ) ^{2,3}	Стрела (мм)	Угол ввода в сталь (град)	Ширина диаграммы направленности (град) ⁴
П121-5,0-40-8-М	5,0	∅ 8	0,7	40	7	40	5
П121-5,0-45-8-М	5,0	∅ 8	0,7	40	7	45	5
П121-5,0-50-8-М	5,0	∅ 8	0,7	39	7	50	7
П121-5,0-55-8-М	5,0	∅ 8	0,7	37	7	55	7
П121-5,0-60-8-М	5,0	∅ 8	0,7	35	7	60	7
П121-5,0-65-8-М	5,0	∅ 8	0,7	33	7	65	9
П121-5,0-70-8-М	5,0	∅ 8	0,7	32	7	70	10
П121-5,0-90-8-М	5,0	∅ 8	0,7	40 ⁵	-	Волны Рэлея	5 ⁶
П121-8,0-40-5*4-М	8,0	5*4	0,5	22	4	40	8
П121-8,0-45-5*4-М	8,0	5*4	0,5	22	4	45	8
П121-8,0-50-5*4-М	8,0	5*4	0,5	22	4	50	9
П121-8,0-55-5*4-М	8,0	5*4	0,5	21	4	55	9
П121-8,0-60-5*4-М	8,0	5*4	0,5	20	4	60	9
П121-8,0-65-5*4-М	8,0	5*4	0,5	19	5	65	10
П121-8,0-70-5*4-М	8,0	5*4	0,5	18	6	70	10

Примечания.

В таблице указаны типовые значения технических параметров.

(1) Длительность эхосигнала определяют на уровне -6дБ от его максимума.

(2) Условная чувствительность преобразователя определяется с дефектоскопом УД9812.

(3) Условную чувствительность находят как запас усиления дефектоскопа (дБ) при настройке по эхосигналу от отверстия Ф6 мм в СО-2.

(4) В таблице указана полная ширина диаграммы направленности.

(5) Условную чувствительность преобразователей волн Рэлея находят как запас усиления дефектоскопа при настройке по эхосигналу от торца СОП на расстоянии 100мм.

(6) Указано расчетное значение ширины диаграммы направленности ПЭП волн Рэлея.



3.4. Наклонные раздельно-совмещенные ПЭП, тип П122

Наклонные раздельно-совмещенные ультразвуковые преобразователи, типы П122-5,0-XX-М, П122-8,0-XX-М (где XX – угол ввода) ориентированы на ультразвуковой контроль тонкостенных сварных соединений толщиной от 2 мм до 14 мм, изготовленных из нержавеющей, малоуглеродистых сталей и сплавов алюминия. Они имеют малую стрелу и больше углы ввода (65, 70, 75 градусов) в сочетании с узкой диаграммой направленности ультразвукового поля, что обеспечивает низкий уровень паразитных (ложных) сигналов и высокую выявляемость несплошностей. Характеристики ПЭП представлены в таблице 6.

- Разъем: LEMO.00
- Встроенный согласующий элемент (индуктивность)
- Встроенная микросхема памяти содержит тип и номер ПЭП. Считывание данных производится по однопроводному интерфейсу. Контакт интерфейса расположен на передней грани ПЭП.
- Под заказ выполняется притирка ПЭП вдоль трубных элементов. Используется фрезерный станок с ЧПУ.



Внешний вид



Габаритные размеры

Пример прозвучивания СОП толщиной 4мм



Положение преобразователя П122-8,0-75-М на СОП толщиной 4мм при максимуме эхосигнала от нижней зарубки 2*1,3 мм.



Вид экрана УД9812. Эхосигнал от нижней зарубки в СОП. Выполнена полная настройка дефектоскопа - развертка, АСД, ВРЧ. Глубиномер настроен по координате Y (глубина отражателя).



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблица 6

Наименование	Угол ввода ⁽¹⁾	Стрела ⁽¹⁾	Фокусное расстояние по оси Y (глубина)	Фокусное расстояние по оси X ⁽²⁾	УЗК сварных швов толщиной ⁽³⁾
П122-5,0-65-М	65°	6 мм	11 мм	20 мм	7 - 14 мм
П122-5,0-75-М	70°	6 мм	9 мм	18 мм	5 - 12 мм
П122-5,0-75-М	75°	6 мм	6 мм	16 мм	4 - 10 мм
П122-8,0-65-М	65°	5 мм	8 мм	12 мм	5 - 10 мм
П122-8,0-70-М	70°	5 мм	6 мм	11 мм	3 - 7 мм
П122-8,0-75-М	75°	5 мм	4 мм	10 мм	2 - 5 мм

Примечания.

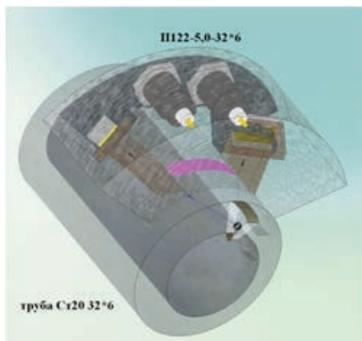
(1) Угол ввода и стрела ПЭП определяются по образцу V2.

(2) Фокусное расстояние по оси X указано от передней кромки ПЭП.

(3) Преобразователи оптимизированы для контроля сварных швов в данном диапазоне толщин.



3.5. Хордовые преобразователи, тип П122

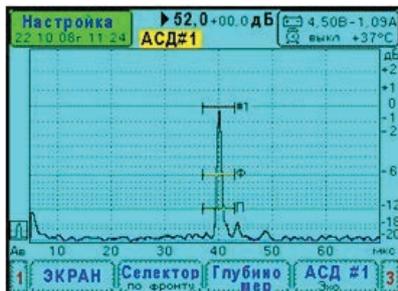


Хордовые ПЭП относятся к раздельно-совмещенным наклонным преобразователям, тип П122. Их, в основном, применяют для контроля кольцевых сварных швов трубных элементов из сталей и полиэтилена. Характерная особенность конструкции - установка точки фокуса УЗ полей излучения и приема в центр сечения сварного шва. Размеры пьезоэлементов и частоту колебаний выбирают из требования, чтобы ультразвуковое поле ПЭП захватывало всю толщину стенки трубы.

Такой способ прозвучивания имеет ряд достоинств.

- Отсутствуют ложные эхосигналы от провисаний в корне сварного шва и от наружного валика усиления. На А-скане дефектоскопа наблюдаются эхосигналы только от внутренних несплошностей.
- Хордовый ПЭП позволяет выявлять все типичные дефекты сварки, а самое главное он выявляет вертикально ориентированные дефекты, такие как свищи, плоскостные несплавления и т.д.
- Нет поперечного сканирования, поскольку прозвучивается сразу все сечение сварного шва.
- Сокращаются трудозатраты на подготовку (зачистку) околошовных зон изделий. Типичная ширина области сканирования 30-35мм.
- Реализуется простая технология настройки и контроля. Настройку дефектоскопа проводят по СОП с торцевым плоскдонным отверстием.

Браковочный уровень устанавливают по максимуму эхосигнала от плоскдонного отверстия (см. рисунки ниже). Глубиномер и временная регулировка чувствительности дефектоскопа не используется.



Существует несколько ограничений в создании и применении хордовых преобразователей:

- Хордовый ПЭП является специализированным преобразователем. Он предназначен для контроля заданного типоразмера трубы. Например преобразователем П122-5,0-38*4 прозвучивают трубы 38*4. Допуски на изменение геометрических размеров (диаметра и толщины стенки) не более 20%.
- Качественные акустические характеристики хордовых ПЭП могут быть получены на тонкостенных трубах небольшого диаметра. Диапазон диаметров труб 28 - 160 мм. Диапазон толщин стенок 4-14мм.



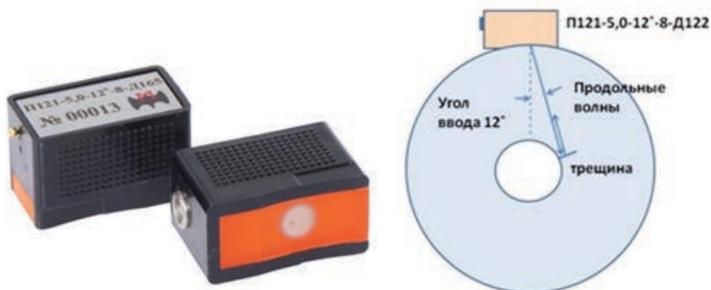
Хордовые преобразователи изготавливаются под заказ.

На предприятии ООО «ИЦ Физприбор» создано специальное программное обеспечение для расчета ультразвуковых полей хордовых ПЭП.



3.6. Специальные ультразвуковые преобразователи

3.6.1. Ультразвуковые преобразователи для контроля утяжеленных бурильных труб



Преобразователи используются для выявления трещин на внутренней поверхности труб с большой толщиной стенки. Данные ПЭП излучают продольный волны и имеют малые углы ввода.

Общие технические характеристики:

- излучение и прием продольных волн.
 - притирка под конкретный диаметр трубы.
 - угол ввода в сталь от 5 до 30 градусов.
 - частота 2,5 или 5 МГц.
 - разъем LEMO.00.
 - встроенный согласующий элемент (индуктивность).
 - встроенная микросхема памяти содержит тип и номер преобразователя.
- Преобразователи для УЗК бурильных труб изготавливаются под заказ.



3.6.2. Ультразвуковые преобразователи с переменным углом ввода



Преобразователи с изменяемым углом ввода применяются в следующих задачах ультразвукового контроля.

- УЗК сварных швов при выявлении несплавлений по кромкам разделки.
- при выявлении дефектов имеющих наклон к поверхности ввода.
- контроль волнами Рэлея.
- прозвучивание тонких листов волнами Лэмба.

Серийно выпускаются три типа ПЭП с переменным углом ввода. П121-1,8-0/90-14, П121-2,5-0/90-14, П121-5,0-0/90-8.

3.6.3. Комбинированный преобразователь для контроля сварных швов арматуры ПА123-1,8-65-14*14



Преобразователь ПА123-1,8-65-14*14 используется для ультразвукового контроля стыковых сварных соединений строительной арматуры.

Прозвучивание сварного шва осуществляется зеркально-теневым методом через локально - иммерсионную ванну. Межреберное пространство арматуры заполняют густой контактной смазкой (обычно циатимом).

Методика неразрушающего контроля регламентируется ГОСТ 23858-79.



3.6.4. Специализированный ультразвуковой преобразователь для контроля резьбовой части бурильных труб ПБ121-2,5-65-14



Преобразователи типа ПБ121 предназначены для проведения неразрушающего контроля сварных швов и резьбовых участков стальных бурильных труб диаметрами 60-140 мм, алюминиевых бурильных труб 73-147 мм и утяжеленных бурильных труб 108-203 мм.

3.6.5. Комбинированный ультразвуковой преобразователь для контроля вагонных осей П131-2,5-0/18-К14



Преобразователь П131-2,5-0/18-К14 применяется для прозвучивания вагонных осей РУ1 и РУ-1Ш. Он устанавливается в канавочную часть на торце оси, что позволяет проводить неразрушающий контроль оси без снятия внутренних колец подшипников. На рабочей поверхности преобразователя установлен протектор из корундовой керамики, что обеспечивает высокую износостойкость.



ООО «Инженерный Центр Физприбор»

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 54

Тел./ факс: (343) 355-00-53

e-mail: sale@fpribor.ru

www.fpribor.ru