



PANAMETRICS

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Официальный представитель
компании Panametrics в России

ЗАО "МП ДИАГНОСТ"

Адрес для корреспонденции:

105094, Москва, а/я № 10

Телефоны:

(095)365-47-88

(095)365-48-88

Телефакс:

(095)366-62-83

E-mail:

diagns@dol.ru

Интернет:

www.diagnost.ru

P399



Компания Panametrics основана в 1960 году. В настоящее время она является ведущим производителем и мировым поставщиком ультразвукового оборудования для неразрушающего контроля. Головной офис компании находится в г. Уолтхэме, США. Компания имеет отделения во многих странах мира. Опыт, накопленный в течение почти четырех десятилетий существования компании, позволил усовершенствовать старые приемы ультразвукового контроля и создать новые технологические решения, отвечающие перспективным потребностям заказчиков.

Богатый опыт сочетается со строгими требованиями к качеству продукции. Это позволило компании Panametrics стать лидером в области разработки и производства ультразвуковых преобразователей и измерительного оборудования.

Компания Panametrics первой:

- Внедрила широкополосные и высокочастотные преобразователи с частотой 50 МГц, 100 МГц, 150 МГц и с высоким уровнем демпфирования
- Начала наносить на рабочую поверхность иммерсионных преобразователей прецизионный согласующий слой, толщина которого составляет $\frac{1}{4}$ длины ультразвуковой волны
- Разработала контактные преобразователи с протекторами WC-5
- Создала прямые преобразователи поперечной волны

Качество всегда занимало первое место для компании Panametrics. Материалы и компоненты, используемые при сборке преобразователей Panametrics, проверены на соответствие самым высоким стандартам. Контроль за качеством осуществляется на всех этапах разработки, производства и сборки преобразователей. Все преобразователи сопровождаются документацией, подтверждающей стандарты их характеристик. В процессе производства проверка качества включает визуальный осмотр, акустическое и электрическое тестирование и механические измерения. Все преобразователи соответствуют стандарту ISO 9001.

Сегодня компания производит широкий ассортимент ультразвукового оборудования, которое отвечает требованиям почти всех условий контроля:

- Более 4000 типов преобразователей и принадлежности к ним
- Преобразователи для использования в промышленности
- Медицинские преобразователи
- Высокочастотные преобразователи
- Цифровые дефектоскопы
- Прецизионные толщиномеры
- Коррозионные толщиномеры
- Высокоскоростные иммерсионные дефектоскопы
- Автоматические сканирующие системы

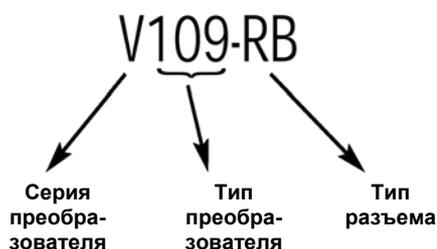
Содержание

Информация для заказчиков	2	Иммерсионные преобразователи	
Выбор преобразователя		Стандартный корпус	16
Преобразователи серий Accuscan "S", Accuscan "R", Videoscan	3	Корпуса для пьезоэлементов большого размера, отражающие зеркала, стержни для иммерсионных преобразователей	17
Контактные преобразователи		Корпус малого диаметра, удлинённый корпус, широкозахватные преобразователи	18
Контактные преобразователи с рифлёным корпусом	4	Прямые преобразователи поперечной волны	
Стандартные контактные преобразователи	5	Серия преобразователей прямого контакта, серия преобразователей с линией задержки	19
Раздельно-совмещенные преобразователи		Высокочастотные преобразователи	
Раздельно-совмещенные преобразователи с индикатором износа	6	Контактные	20
Раздельно-совмещенные преобразователи с рифлёным корпусом, с расширенным диапазоном, с уменьшенной рабочей поверхностью	7	Высокочастотные иммерсионные преобразователи в стандартном корпусе и корпусе типа SU/RM	21
Наклонные преобразователи и призмы		Специальные преобразователи	22 - 25
Миниатюрные ввинчиваемые преобразователи и призмы к ним	8	Стандартные образцы	26 - 27
Миниатюрные вставляемые преобразователи и призмы к ним	9	Кабели и адаптеры	28 - 29
Стандартные наклонные преобразователи и призмы к ним.....	10	Открытые локальные иммерсионные ванны, контактные жидкости	30
Улиткообразные призмы, призмы и преобразователи типа Assupath и O.P.	11	Тестирование преобразователей и документация	31
Наклонные преобразователи интегральной конструкции, призмы поперечной волны для алюминия, профилированные призмы	12	Технические примечания	32 - 39
Преобразователи со сменной линией задержки		Таблицы акустических свойств материалов, ближних зон плоских преобразователей	40
Преобразователи с линией задержки	13		
Преобразователи Sonopen®, сменные линии задержки	13		
Преобразователи со сменными протекторами рабочей поверхности			
Стандартные	14		
Высокотемпературные линии задержки, износостойкие защитные колпачки, защитные мембраны	15		

Информация для заказчиков

Маркировка преобразователей

Серия преобразователя		Тип разъема преобразователя		Профиль призмы	
AxxxS	Accuscan "S"	RB	BNC под углом 90°	AID	Продольный внутренний диаметр
AxxxR	Accuscan "R"	SB	Прямой BNC	AOD	Продольный внешний диаметр
Dxxx	Раздельно-совмещенный	RM	Microdot под углом 90°	CID	Поперечный внутренний диаметр
Vxxx	Videoscan	SM	Прямой Microdot	COD	Поперечный внешний диаметр
Xxxx	Другие	RU	UHF под углом 90°		
		SU	Прямой UHF		
		RP	Неразъемный кабель под углом 90° с разъемами BNC на обоих концах	Тип фокуса (Иммерсионные преобразователи)	
Тип преобразователя				F	Сферический фокус
1xx	Контактный	RPL1	Неразъемный кабель под углом 90° с разъемами Lemo 1 на обоих концах	CF	Цилиндрический фокус
15x	Прямой поперечной волны			Обозначение фокуса	
2xx	Videoscan со сменной линией задержки			FPF	Фокус от плоскостного отражателя
3xx	Иммерсионный	Профиль линии задержки		OLF	Фокус по формуле оптического объектива
4xx	Стандартный наклонный	CC-R	Вогнутый профиль	PTF	Фокус от точечного отражателя
5xx	Миниатюрный наклонный	CX-R	Выпуклый профиль		
6xx	Со сменными протекторами рабочей поверхности				
7xx	Раздельно-совмещенный				



Маркировка кабелей

Тип разъема кабеля для подключения к прибору		Тип кабеля		Буквы после обозначения типа разъема	
B	BNC	15	С низким сопротивлением, 15 Ом	D	Двойной
U	UHF	25	С низким сопротивлением, 25 Ом	H	Держатель с прямым разъемом Microdot
L	Lemo 00	58	RG58/U, 50 Ом	A	Без кембрика на разьеме Microdot
FL	Розеточный Lemo 00	62	RG62/U, 93 Ом	Буквы после обозначения длины двойного кабеля	
L1	Lemo1	74	RG174/U, 50 Ом	B	Используется с преобразователями D790-SM и толщиномерами моделей 26 и 36
X	Без разъема	188	RG188/U, 50 Ом	C	Используется с преобразователями D791-RM и толщиномерами моделей 26 и 36
RL	Lemo под углом 90°	316	RG316/U, 50 Ом	D	Используется с преобразователями D797-SM и толщиномерами моделей 26 и 36
				F	Используется с раздельно-совмещенными преобразователями DHC
Тип разъема кабеля, подключаемого к преобразователю		Дополнительное описание кабеля			
B	BNC	SSA	С оплеткой из нержавеющей стали		
M	Microdot	W	Водозащитный со стороны подключения преобразователя		
U	UHF	WW	Водозащитный с обеих сторон		
RM	Microdot под углом 90°	DS	С двойным экранированием		
LP	Lepra/Con	HD	Для неблагоприятных условий эксплуатации		
X	Без разъема	HDAS	Силиконовая оболочка поверх кабеля		
L	Lemo 00	HDAP	ПХВ оболочка поверх кабеля		
RL	Lemo под углом 90°				



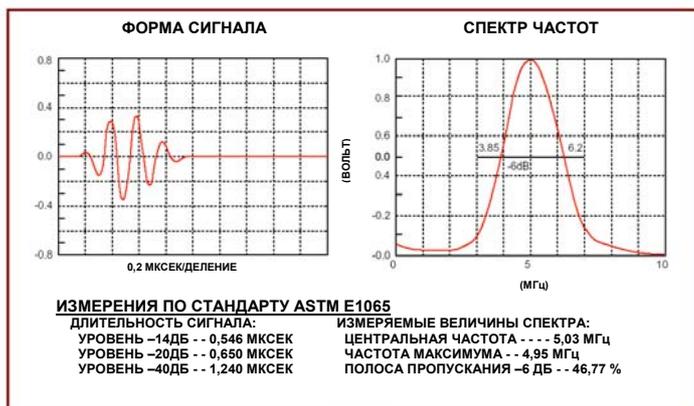
Выбор преобразователя

Преобразователь является одним из важнейших компонентов любой ультразвуковой системы. Поэтому большое внимание следует уделить выбору преобразователя, точно соответствующего условиям контроля.

Эксплуатационные качества системы как целого имеют огромное значение. Основное влияние на эксплуатационные качества системы оказывают характеристики и настройки измерительного прибора, а также свойства материала и условия контакта преобразователя с объектом контроля. Компания Panametrics разработала три различные серии преобразователей с уникальными характеристиками, которые соответствуют различным требованиям.

На характеристики системы в целом также оказывает влияние конфигурация преобразователя. Вы можете использовать фокусирующие преобразователи, преобразователи со сменными протекторами рабочей поверхности или любые другие, которые соответствуют свойствам материала объекта контроля, имеют нужную частоту и размеры активного элемента.

Описания, приведенные ниже, предназначены для краткого ознакомления с преобразователями каждой серии. Вся информация носит общий характер. Следует иметь в виду, что каждый конкретный случай контроля является уникальным и требует более подробного изучения факторов, влияющих на результаты контроля.



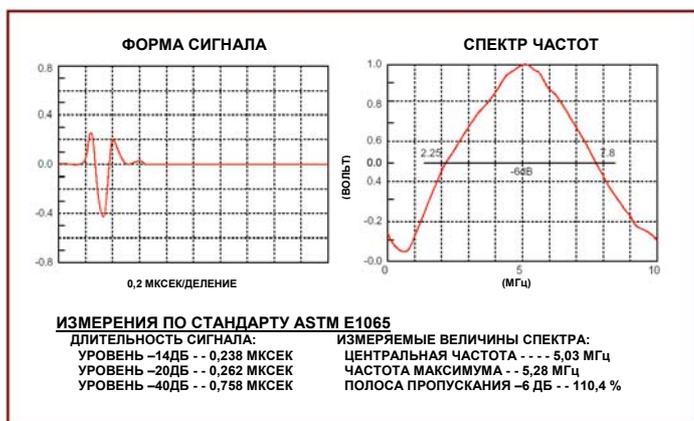
ACCUSCAN "S"

Преобразователи серии Accuscan S обеспечивают высокую чувствительность в случаях, когда лучевая разрешающая способность не играет главной роли. Обычно преобразователи этой серии имеют сигнал большей длительности и относительно узкую полосу пропускания.



ACCUSCAN "R"

Преобразователи серии Accuscan R обеспечивают меньшую мощность зондирующего импульса, что позволяет в короткое время восстановить чувствительность акустической системы после получения эхосигнала от границы сред при сохранении хорошей чувствительности на центральной частоте преобразователя.



VIDEOSCAN

Преобразователи серии Videoscan представляют собой ненастраиваемые преобразователи. Они обеспечивают широкую полосу пропускания и высокий уровень демпфирования. Лучше всего их использовать в случаях, когда необходима хорошая лучевая разрешающая способность, а также при необходимости обеспечить хорошее отношение сигнал-шум при контроле материалов с высокой степенью затухания ультразвука.

Для получения более подробной информации о полосе пропускания и чувствительности относительно разрешающей способности обратитесь к разделу "Технические примечания" на стр. 32 – 39.

Контактные преобразователи

Контактные преобразователи представляют собой прямые совмещенные преобразователи продольной волны. Они функционируют при непосредственном контакте с объектом контроля.

Преимущества:

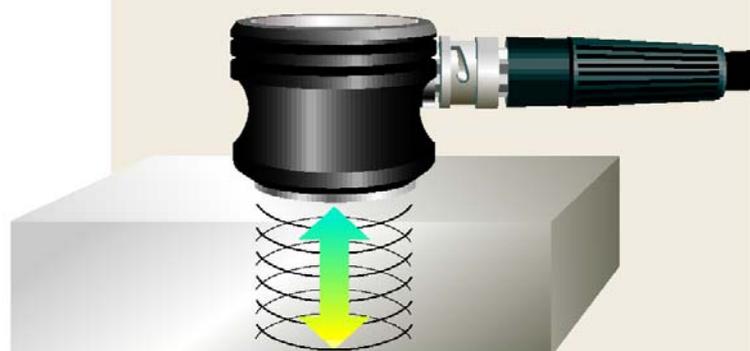
- ❖ Специальный износостойкий протектор WC-5 увеличивает срок службы преобразователя, предотвращает его разрушение и защищает рабочую поверхность от износа
- ❖ Контактные преобразователи всех типов рассчитаны на использование в неблагоприятных производственных условиях
- ❖ Акустический импеданс преобразователей этого типа соответствует акустическому импедансу большинства металлов
- ❖ Преобразователи этого типа могут быть использованы для контроля различных материалов
- ❖ Преобразователи серий Accuscan-S, Accuscan-R и Videoscan обладают акустическими характеристиками, удовлетворяющими различным требованиям
- ❖ Преобразователи серии Videoscan отличаются улучшенным отношением сигнал-шум при контроле материалов с высокой степенью затухания ультразвука
- ❖ Преобразователи серии Videoscan обеспечивают быстрое восстановление чувствительности ультразвуковой системы после прохождения зондирующего импульса, что позволяет улучшить лучевую разрешающую способность

Применение:

- ❖ Обнаружение дефектов и измерение толщины материалов прямым ультразвуковым лучом
- ❖ Обнаружение и определение размеров расслоений
- ❖ Определение характеристик материалов и измерение скорости ультразвука в материалах
- ❖ Контроль качества листов, болванок, прутков, поковок, отливок, прессованных изделий и широкого ассортимента других металлических и неметаллических изделий

Контактные преобразователи с рифленным корпусом

- ❖ Преобразователи с пьезоэлементом, размер которого превышает 6 мм, выполнены в рифленных корпусах, что облегчает удержание этих преобразователей пальцами
- ❖ Корпус этих преобразователей выполнен из нержавеющей стали 303
- ❖ Более плоская форма корпуса позволяет размещать преобразователь на поверхностях с затрудненным доступом
- ❖ По отдельному заказу без дополнительной платы на корпус преобразователя устанавливается съемная пластмассовая насадка (номер по каталогу CAP4 (6 мм) и CAP8 (3 мм)), обеспечивающая более надежное удержание преобразователя пальцами
- ❖ Стандартным разъем - Microdot под углом 90° (RM). Информацию о возможности поставки преобразователей с прямым разъемом Microdot (SM) вы можете получить у представителя компании Panametrics.



Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номера преобразователей по каталогу		
0,5	25 мм	ACCUSCAN-S A101S-RM	ACCUSCAN-R A101R-RM	VIDEOSCAN V101-RM
	19 мм	A102S-RM	A102R-RM	V102-RM
1,0	13 мм	A114S-RM	A114R-RM	V114-RM
	13 мм	A103S-RM	A103R-RM	V103-RM
	25 мм	A104S-RM	A104R-RM	V104-RM
2,25	19 мм	A105S-RM	A105R-RM	V105-RM
	13 мм	A106S-RM	A106R-RM	V106-RM
	10 мм	A125S-RM	A125R-RM	V125-RM
	6 мм	A133S-RM	A133R-RM	V133-RM
	25 мм	A180S-RM	A180R-RM	—
3,5	19 мм	A181S-RM	A181R-RM	V181-RM
	13 мм	A182S-RM	A182R-RM	V182-RM
	10 мм	A183S-RM	A183R-RM	V183-RM
	6 мм	A184S-RM	A184R-RM	—
5,0	25 мм	A107S-RM	A107R-RM	V107-RM
	19 мм	A108S-RM	A108R-RM	V108-RM
	13 мм	A109S-RM	A109R-RM	V109-RM
	10 мм	A126S-RM	A126R-RM	V126-RM
	6 мм	A110S-RM	A110R-RM	V110-RM
	3 мм	—	—	V1091
7,5	13 мм	A120S-RM	A120R-RM	—
	10 мм	A122S-RM	A122R-RM	V122-RM
	6 мм	A121S-RM	A121R-RM	V121-RM
10	13 мм	A111S-RM	A111R-RM	V111-RM
	10 мм	A127S-RM	A127R-RM	V127-RM
	6 мм	A112S-RM	A112R-RM	V112-RM
	3 мм	—	—	V129-RM
15	6 мм	A113S-RM	A113R-RM	V113-RM
20	3 мм	—	—	V116-RM

Стандартные контактные преобразователи

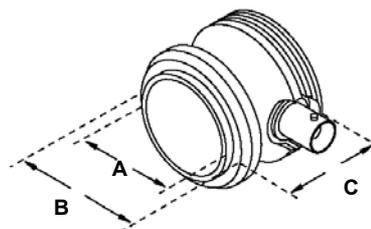
- ❖ Удобные пластмассовые насадки обеспечивают надежное удержание преобразователя пальцами в перчатке
- ❖ Корпус выполнен из нержавеющей стали 303
- ❖ Большой размер пьезоэлемента обеспечивает большую площадь контакта преобразователя с поверхностью объекта контроля
- ❖ Стандартный тип разъема - BNC (RB) под углом 90°. Вместо него может быть установлен прямой разъем BNC (SB)

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номера преобразователей по каталогу		
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN
0,1	38 мм	—	—	V1011
0,25	38 мм	—	—	V1012
0,5	38 мм	A189S-RB	A189R-RB	V189-RB
	29 мм	A191S-RB	A191R-RB	V191-RB
	25 мм	A101S-RB	A101R-RB	V101-RB
1,0	38 мм	A192S-RB	A192R-RB	V192-RB
	29 мм	A194S-RB	—	V194-RB
	25 мм	A102S-RB	A102R-RB	V102-RB
	19 мм	A114S-RB	A114R-RB	V114-RB
	13 мм	A103S-RB	A103R-RB	V103-RB
2,25	38 мм	A195S-RB	A195R-RB	V195-RB
	29 мм	A197S-RB	A197R-RB	V197-RB
	25 мм	A104S-RB	A104R-RB	V104-RB
	19 мм	A105S-RB	A105R-RB	V105-RB
	13 мм	A106S-RB	A106R-RB	V106-RB
	6 x 25 мм	A188S-RB*	A188R-RB*	—
3,5	25 мм	A180S-RB	A180R-RB	V180-RB
	19 мм	A181S-RB	A181R-RB	V181-RB
	13 мм	A182S-RB	A182R-RB	V182-RB
5,0	25 мм	A107S-RB	A107R-RB	V107-RB
	19 мм	A108S-RB	A108R-RB	V108-RB
	13 мм	A109S-RB	A109R-RB	V109-RB
7,5	13 мм	A120S-RB	A120R-RB	V120-RB
10	13 мм	A111S-RB	A111R-RB	V111-RB

* Для стандарта ASTM A-418



Стандартные контактные преобразователи

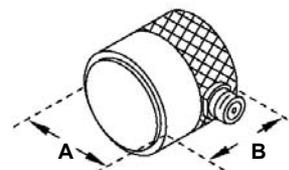


Размер пьезоэлемента	(A)	(B)	(C)
38 мм*	44 мм	57 мм	32 мм
29 мм	35 мм	45 мм	32 мм
25 мм	32 мм	41 мм	32 мм
6 мм x 25 мм	32 мм	41 мм	32 мм
19 мм	25 мм	34,5 мм	32 мм
13 мм	16 мм	30 мм	32 мм

* Преобразователи V1011 и V1012 выполнены в различных корпусах. Обратитесь к разделу "Низкочастотные широкополосные преобразователи" на стр. 23.



Контактные преобразователи с рифленным корпусом



Размер пьезоэлемента	(A)	(B)
25 мм	32 мм	16 мм
19 мм	25 мм	16 мм
13 мм	18 мм	16 мм
10 мм	14 мм	13 мм
6 мм	9 мм	11 мм
3 мм	6 мм	10 мм

Раздельно-совмещенные преобразователи

Раздельно-совмещенные преобразователи оснащены двумя пьезоэлементами, которые размещаются в одном корпусе и разделены акустическим экраном. Один пьезоэлемент является генератором продольных ультразвуковых волн, а другой пьезоэлемент выполняет функцию приемника отраженных сигналов.

Для получения информации о преобразователях для всех толщинномеров серий 26 и 36 (таких как D790) свяжитесь с представителем компании Panametrics.

Преимущества:

- ❖ Улучшает околоповерхностную разрешающую способность
- ❖ Устраняет многочисленные эхосигналы линии задержки при контроле объектов с высокой температурой
- ❖ Обеспечивает надежный контакт с грубыми и искривленными поверхностями
- ❖ Уменьшает шум при контроле крупнозернистых материалов или материалов с высокой степенью рассеяния ультразвука
- ❖ Идеален для контроля объектов с низкой температурой
- ❖ Сочетает возможности проникновения ультразвука в материалы, которыми обладают низкочастотные совмещенные преобразователи, с хорошей околоповерхностной разрешающей способностью, которую обеспечивают высокочастотные совмещенные преобразователи
- ❖ Может быть профилирован для использования на объектах с искривленной поверхностью

Применение:

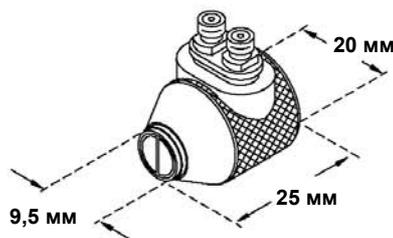
- ❖ Измерения остаточной толщины стенок
- ❖ Контроль коррозии/эрозии
- ❖ Контроль сварки внахлестку и целостности плакировки
- ❖ Обнаружение пористости, включений, трещин и расслоений в отливках и поковках
- ❖ Обнаружение трещин в болтах и других изделиях цилиндрической формы

Раздельно-совмещенные преобразователи с индикатором износа

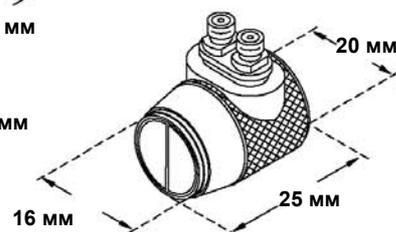
- ❖ Металлическое износостойкое кольцо увеличивает срок службы преобразователя
- ❖ Индикатор износа оповещает, когда рабочая поверхность преобразователя изнашивается до недопустимого уровня
- ❖ Оснащены рифленным корпусом из нержавеющей стали 303
- ❖ Могут быть оснащены заменяемыми кабелями (специальные двойные кабели с защитой от деформации могут иметь разъемы Lemo 1 и BNC)

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу
1,0	13 мм	DHC703-RM
2,25	13 мм	DHC706-RM
	6 мм	DHC785-RM
5,0	13 мм	DHC709-RM
	6 мм	DHC711-RM
10	6 мм	DHC713-RM

Примечание: Заменяемые кабели заказываются отдельно, BCMD-316-5F, L1CMD-316-5F



Размер пьезоэлемента 6 мм



Размер пьезоэлемента 13 мм

Раздельно-совмещенные преобразователи с индикатором износа



Раздельно-совмещенные преобразователи с рифленным корпусом

- ❖ Выдерживают более высокую температуру объекта контроля*
- ❖ Оснащены рифленным корпусом, кроме преобразователей с размером пьезоэлемента 6 мм
- ❖ Оснащены высокопрочным кабелем длиной 1,8 м с разъемами BNC или Lemo 1 для подключения к прибору

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу	
		Разъем BNC	Разъем Large Lemo
1,0	19 мм	D714-RP	D714-RPL1
	13 мм	D703-RP	D703-RPL1
2,25	19 мм	D705-RP	D705-RPL1
	13 мм	D706-RP	D706-RPL1
	10 мм	D771-RP	D771-RPL1
	6 мм	D785-RP	D785-RPL1
3,5	19 мм	D781-RP	D781-RPL1
	13 мм	D782-RP	D782-RPL1
	10 мм	D783-RP	D783-RPL1
5,0	6 мм	D784-RP	D784-RPL1
	19 мм	D708-RP	D708-RPL1
	13 мм	D709-RP	D709-RPL1
7,5	10 мм	D710-RP	D710-RPL1
	6 мм	D711-RP	D711-RPL1
	13 мм	D720-RP	D720-RPL1
10	6 мм	D721-RP	D721-RPL1
	13 мм	D712-RP	D712-RPL1
	6 мм	D713-RP	D713-RPL1

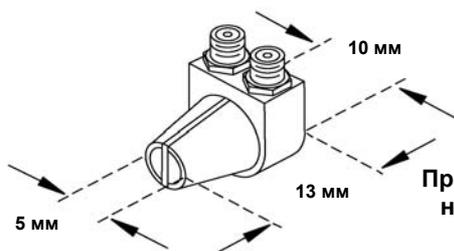
* Максимальная температура объекта контроля для преобразователей с частотой 5 МГц и ниже составляет 427°C; для преобразователей с частотой 7,5 МГц и 10 МГц 177°C. Рекомендуемый режим использования при температуре поверхности объекта контроля от 93°C до 427°C: 10 секунд контакта, затем одна минута воздушного охлаждения.

Раздельно-совмещенные преобразователи с уменьшенной рабочей поверхностью

- ❖ Малая площадь рабочей поверхности обеспечивает надежный контакт с изогнутыми поверхностями
- ❖ Малая высота преобразователя облегчает контроль в зонах с ограниченным доступом
- ❖ Для подключения к дефектоскопам любого типа может быть использован сменный кабель

Частота МГц	Диаметр рабочей поверхности	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу
5,0	5мм	3.8мм	MTD705

Примечание: Сменные кабели заказываются отдельно: BCLPD-78-5 и L1CLPD-78-5.



Преобразователи с уменьшенной рабочей поверхностью

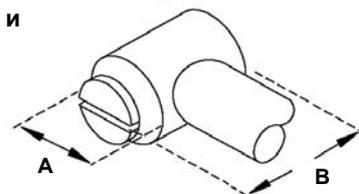
Раздельно-совмещенные преобразователи с расширенным диапазоном

- ❖ Уменьшенный угол схождения ультразвуковых волн обеспечивает более высокую чувствительность при обнаружении дефектов с глубиной залегания в стали 19 мм и более
- ❖ Могут быть использованы для контроля объектов с высокой температурой, когда нельзя использовать линию задержки
- ❖ Оснащены высокопрочным кабелем длиной 1,8 м с разъемами BNC для подключения к прибору

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Угол схождения (в градусах)	Номер преобразователя по каталогу
2,25	25 мм	0	D7079
	13 мм	0	D7071
	13 мм	1.5	D7072
	13 мм	2.6	D7074
	13 мм	3.5	D7073
5,0	25 мм	0	D7080
	13 мм	0	D7075
	13 мм	1.5	D7076
	13 мм	2.6	D7078
	13 мм	3.5	D7077



Раздельно-совмещенные преобразователи с рифленным корпусом и расширенным диапазоном



Размер пьезоэлемента	(A)	(B)
25 мм	32 мм	19 мм
19 мм	25 мм	19 мм
13 мм	18 мм	19 мм
10 мм	13,5 мм	16 мм
6 мм	9 мм	14 мм



Наклонные преобразователи

Наклонный преобразователь представляет собой совмещенный преобразователь, который используется с призмой, позволяющей вводить в объект контроля преломленную поперечную или продольную ультразвуковую волну.

Преимущества:

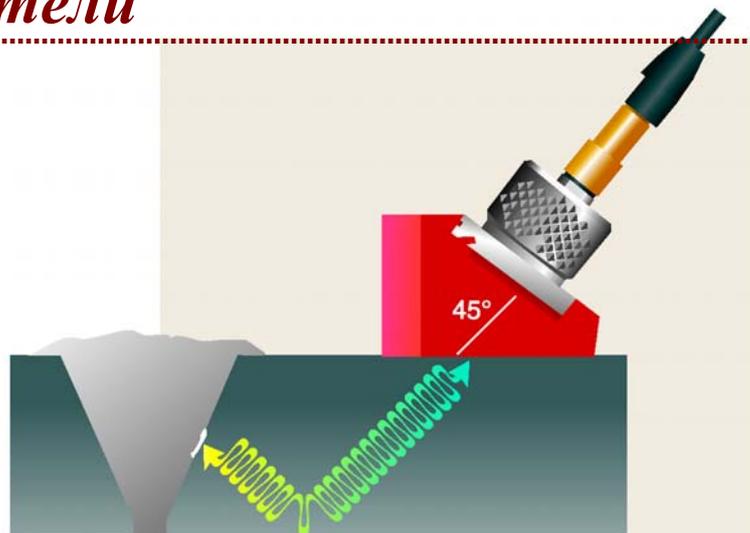
- ❖ Конструкция призм серии Accuspath из трех материалов улучшает отношение сигнал/шум и обеспечивает их высокую износостойкость
- ❖ Высокотемпературные призмы позволяют проводить контроль изделий с высокой температурой
- ❖ По отдельному заказу могут быть изготовлены специальные призмы с нестандартными углами ввода ультразвука
- ❖ Преобразователи могут оснащаться сменными призмами или иметь интегральную конструкцию
- ❖ Возможно профилирование
- ❖ Имеются преобразователи интегральной конструкции и сменные призмы со стандартными углами ввода ультразвука в алюминии

Применение:

- ❖ Обнаружение дефектов и определение их размера
- ❖ Преобразователи серии Videoscan могут быть использованы при контроле по технологии дифракции времени прохождения ультразвукового луча (TOFD)
- ❖ Контроль труб, поковок и отливок, а также других конструктивных элементов на наличие дефектов или трещин в сварных швах

Миниатюрные винчиваемые преобразователи и призмы к ним

- ❖ Корпуса винчиваемых преобразователей выполнены из нержавеющей стали 303
- ❖ Призмы имеют малую контактную площадь
- ❖ Призмы имеют уменьшенную стрелу
- ❖ Углообразная передняя грань призмы обеспечивает разворот преобразователя даже при контакте с валиком усиления сварного шва
- ❖ Имеются призмы специальной конструкции для использования с преобразователем с частотой 10 МГц
- ❖ На преобразователи нанесена цветная кодировка, обозначающая их частоту



Миниатюрные наклонные преобразователи и призмы используются прежде всего для обнаружения дефектов сварных швов. Их конструкция позволяет свободно перемещать преобразователь по поверхности объекта контроля и обеспечивает оптимальную ориентацию преобразователя относительно дефекта.



Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Номер преобразователя по каталогу		Номер призмы по каталогу			
		ACCUSCAN-S	VIDEOSCAN	Accuspath*	Поверхностной волны 90°	Высокотемп.* 260°C	Сверхвысокотемп.* 480°C
13 мм	1,0	A539S-SM	V539-SM	ABWM-5T- x	ABWML-5T-90°	ABWHT-5T- x	ABWVHT-5T- x
	2,25	A540S-SM	V540-SM				
	3,5	A545S-SM	V545-SM				
	5,0	A541S-SM	V541-SM				
10 мм	10	A547S-SM	V547-SM	ABWM-5ST- x	ABWML-5ST-90°	—	—
	1,5	A548S-SM	—	ABWM-7T- x	ABWML-7T-90°	ABWHT-7T- x	ABWVHT-7T- x
	2,25	A549S-SM	V549-SM				
	3,5	A550S-SM	V550-SM				
5,0	A551S-SM	V551-SM					
6 мм	10	A552S-SM	V552-SM	ABWM-7ST- x	ABWML-7ST-90°	—	—
	2,25	A542S-SM	V542-SM	ABWM-4T- x	ABWML- 4T-90°	ABWHT- 4T- x	ABWVHT- 4T- x
	3,5	A546S-SM	V546-SM				
	5,0	A543S-SM	V543-SM				
10	A544S-SM	V544-SM	ABWM-4ST- x				

* Призмы имеют стандартные углы ввода поперечной волны в стали 30°, 35°, 45°, 60° и 70° при частоте 5 МГц. Символ "x" означает градусы. Эти характеристики указываются при заказе.

Миниатюрные вставляемые преобразователи и призмы к ним

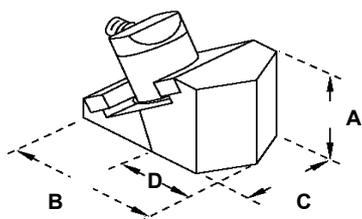
- ❖ Корпуса вставляемых преобразователей выполнены из нержавеющей стали 303
- ❖ Призмы имеют малую контактную площадь
- ❖ Призмы имеют уменьшенную стрелу
- ❖ Углообразная передняя грань призмы обеспечивает разворот преобразователя даже при контакте с валиком усиления сварного шва
- ❖ Имеются призмы специальной конструкции для использования с преобразователем с частотой 10 МГц
- ❖ Специальное пружинное кольцо обеспечивает сохранение равномерного контакта при вращении преобразователя с подключенным кабелем на поверхности объекта контроля, что уменьшает утомляемость руки оператора
- ❖ Преобразователь с призмой имеют малую высоту
- ❖ В этой конфигурации выпускаются преобразователи серий Accuscan-S, Accuscan-R и Videoscan



Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Номер преобразователя по каталогу				Номер призмы по каталогу			
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN	Accupath*	Поверхностной волны 90°	Высокотемп.* 260°C	Сверх-высокотемп.* 480°C	
13 мм	2,25	A534S- RM	A534R- RM	V534- RM	ABWM-5- x	ABWML-5-90°	ABWHT-5- x	ABWVHT-5- x	
	5,0	A536S- RM	A536R- RM	V536- RM	ABWM-5- x	ABWML-5-90°	ABWHT-5- x	ABWVHT-5- x	
	10	A538S- RM	A538R- RM	V538- RM	ABWM-5S- x	ABWML-5S-90°	—	—	
6 мм	2,25	A533S- RM	A533R- RM	V533- RM	ABWM- 4- x	ABWML- 4-90°	ABWHT-4- x	ABWVHT-4- x	
	5,0	A535S- RM	A535R- RM	V535- RM	ABWM- 4- x	ABWML- 4-90°	ABWHT-4- x	ABWVHT-4- x	
	10	A537S- RM	A537R- RM	V537- RM	ABWM- 4S- x	ABWML- 4S-90°	—	—	

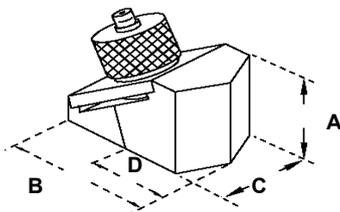
* Призмы имеют стандартные углы ввода ультразвука 30°, 35°, 45°, 60° и 70° в стали при 5 МГц. Эти характеристики указываются при заказе.

Вставляемый преобразователь



Между преобразователями и призмами можно использовать контактные жидкости типа А, В, С и D (пропиленгликоль, глицерин, силиконовое масло, гель).

Ввинчиваемый преобразователь



Размер А = Высота призмы
Размер В = Стрела призмы

Размеры призм Accupath и призм поверхностной волны* (для миниатюрных ввинчиваемых и вставляемых преобразователей)

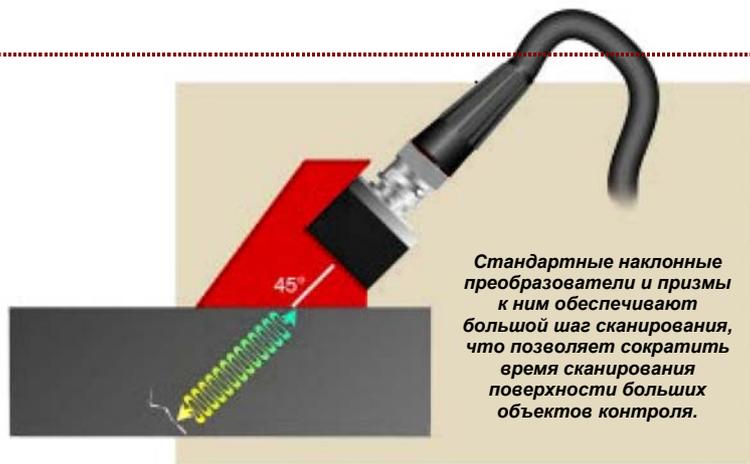
	Размер пьезоэлемента											
	13 мм				10 мм				6 мм			
	(A)	(B)	(C)	(D)	(A)	(B)	(C)	(D)	(A)	(B)	(C)	(D)
30°	18 мм	31 мм	20 мм	14 мм	16 мм	26 мм	17 мм	11 мм	12 мм	17 мм	11 мм	6 мм
45°	22 мм	33 мм	20 мм	12 мм	19 мм	29 мм	17 мм	10 мм	13 мм	19 мм	11 мм	6 мм
60°	25 мм	42 мм	20 мм	17 мм	22 мм	36 мм	17 мм	12,5 мм	16 мм	24 мм	11 мм	8 мм
70°	25 мм	46 мм	20 мм	19 мм	23 мм	39 мм	17 мм	13 мм	17 мм	27 мм	11 мм	9 мм
90°	32 мм	47 мм	20 мм	—	25 мм	38 мм	17 мм	—	21 мм	29 мм	11 мм	—

* Размеры призм для преобразователей с частотой 10 МГц отличаются в небольших пределах.

Примечание: Пьезоэлемент размером 10 мм используется только в ввинчиваемом преобразователе

Стандартные наклонные преобразователи и призмы к ним

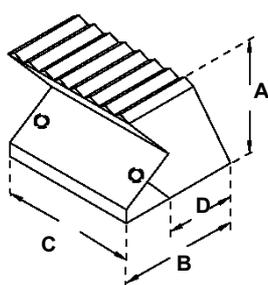
- ❖ Большой размер пьезоэлемента обеспечивает контроль изделий большой толщины и позволяет проводить сканирование с большим шагом
- ❖ Преобразователи этого типа могут относиться к сериям Accuscan-R, Accuscan-R и Videoscan
- ❖ С преобразователями могут использоваться высокотемпературные призмы и призмы типа Accupath
- ❖ Крепежные латунные винты обеспечивают надежное закрепление преобразователя на призме
- ❖ Можно использовать преобразователи с частотой 0,5 МГц и 1,0 МГц
- ❖ Крепежные винты поставляются вместе с преобразователем



Стандартные наклонные преобразователи и призмы к ним обеспечивают большой шаг сканирования, что позволяет сократить время сканирования поверхности больших объектов контроля.

Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Номер преобразователя по каталогу			Номер призмы по каталогу			
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN	Accupath*	Поверхностной волны 90°	Высокотемп.* (260°C)	Сверх-высокотемп.* (480°C)
25 мм	0,5	A414S-SB	A414R-SB	V414-SB	ABWS-3-	ABWSL-3-90°	ABWHT-3-	ABWVHT-3-
	1,0	A407S-SB	A407R-SB	V407-SB				
	2,25	A408S-SB	A408R-SB	V408-SB				
	3,5	A411S-SB	—	—				
	5,0	A409S-SB	A409R-SB	V409-SB				
13 x 25 мм	0,5	A413S-SB	A413R-SB	V413-SB	ABWS-2-	ABWSL-2-90°	ABWHT-2-	ABWVHT-2-
	1,0	A401S-SB	A401R-SB	V401-SB				
	2,25	A403S-SB	A403R-SB	V403-SB				
	3,5	A412S-SB	—	—				
	5,0	A405S-SB	A405R-SB	V405-SB				
13 мм	1,0	A402S-SB	A402R-SB	V402-SB	ABWS-1-	ABWSL-1-90°	ABWHT-1-	ABWVHT-1-
	2,25	A404S-SB	A404R-SB	V404-SB				
	3,5	A415S-SB	—	—				
	5,0	A406S-SB	A406R-SB	V406-SB				

* Призмы имеют стандартные углы преломления 30°, 35°, 45°, 60° и 70° в стали при 5 МГц. Эти характеристики указываются при заказе.



Размеры призм Accupath и призм поверхностной волны

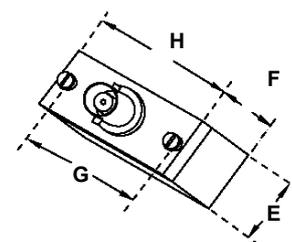
Размер пьезоэлемента (в миллиметрах)

	25 мм				13 мм x 25 мм				13 мм			
	(A)	(B)	(C)	(D)	(A)	(B)	(C)	(D)	(A)	(B)	(C)	(D)
30°	43	55	41	29	33	33	41	19	30	36	28	21
45°	37	50	41	25	33	36	41	20	30	33	27	18
60°	38	55	41	25	33	38	41	17	30	38	27	17
70°	38	63	41	29	34	45	41	22	30	40	28	17
90°	38	63	42	11	30	34	41	—	30	34	25	—

Размер A = Высота призмы
Размер D = Стрела призмы



Размер пьезоэлемента	Размеры преобразователя			
	(E)	(F)	(G)	(H)
25 мм	32 мм	16 мм	35 мм	42 мм
13 x 25 мм	19 мм	16 мм	33 мм	39 мм
13 мм	18 мм	16 мм	21 мм	26 мм



Улиткообразные призмы и преобразователи типа AWS¹⁾

- ❖ Характеристики преобразователей и призм этого типа соответствуют или превышают требования стандарта AWS (раздел D1.1)
- ❖ В улиткообразных преобразователях и призмах используется расстояние между отверстиями, принятое в промышленности
- ❖ Крепежные винты поставляются вместе с преобразователем

Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Номер преобразователя по каталогу	Номер призмы по каталогу
16 x 16 мм	2.25	A430S-SB	ABWS-8 -
16 x 19 мм		A431S-SB	
19 x 19 мм		A432S-SB	

* Призмы имеют стандартные углы ввода поперечной волны в стали 45°, 60° и 70°. Эта характеристика указывается при заказе.

Наклонные преобразователи и призмы типа AWS Accupath

- ❖ Характеристики преобразователей и призм этого типа соответствуют или превышают требования стандарта AWS (раздел D1.1)
- ❖ Призмы серии Accupath снабжены пятью линиями разметки для помощи в определении точки выхода ультразвукового луча
- ❖ Крепежные латунные винты обеспечивает надежное крепление преобразователя к призме
- ❖ Крепежные винты поставляются вместе с преобразователем

Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Номер преобразователя по каталогу	Номер призмы по каталогу
16 x 16 мм	2.25	A420S-SB	ABWS-6-
16 x 19 мм		A421S-SB	
19 x 19 мм		A422S-SB	

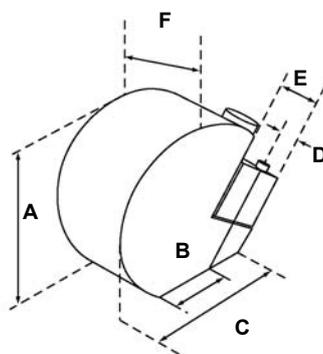
* Призмы имеют стандартные углы преломления поперечной волны в стали 45°, 60° и 70°. Эта характеристика указывается при заказе.

Наклонные преобразователи и призмы типа O.P.

- ❖ Комбинация преобразователь/призма имеют малую высоту
- ❖ Короткая траектория ультразвука в призме уменьшает ослабление сигнала
- ❖ Внутренне укрепленное соединение между корпусом преобразователя и разъемом предотвращает поломку даже в наиболее неблагоприятных условиях эксплуатации

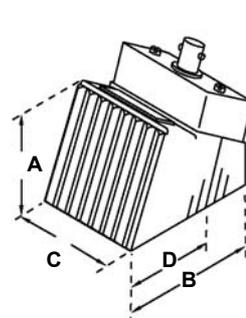
Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Номер преобразователя по каталогу	Номер призмы по каталогу
6 мм	2.25	A5033	OP-4 -
	3.5	A5037	
	5.0	A5038	

* Призмы имеют стандартные углы ввода поперечной волны в стали 45°, 60° и 70°. Эта характеристика указывается при заказе.



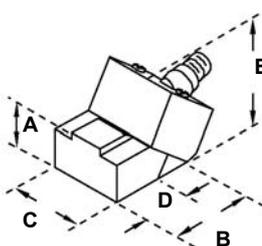
Размеры призм (в миллиметрах)*						
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
45°	50,5	22,5	44	13	22	32
60°	50	17,5	50	13	23	32
70°	48	19,5	48	13	23,5	32

* Расстояние между винтами (от центра до центра) составляет 25 мм.



Размеры призм (в мм)				
	(A)	(B)	(C)	(D)
45°	38	50	38	23
60°	43	52	38	20
70°	42	56	38	24

* Расстояние между винтами (от центра до центра) составляет 27 мм.



Размеры призм (в мм)					
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
45°	8	14	13	8	13
60°	9	17,5	13	9,5	13
70°	10	20	13	11	13

* Расстояние между винтами (от центра до центра) составляет 9,5 мм.

¹⁾ AWS (American Weld Society) – Американское общество сварщиков.

Наклонные преобразователи интегральной конструкции

- ❖ Прочный протектор из износостойкой пластмассы увеличивает срок службы преобразователя и позволяет избежать появления царапин на объекте контроля
- ❖ Малая стрела и малый вес преобразователя делают его идеальным для применения в зонах с ограниченным доступом
- ❖ Прекрасное соотношение сигнал/шум для таких маленьких преобразователей
- ❖ В корпус преобразователей типа RM встроен ремешок для крепления преобразователя на пальце



Корпус преобразователя	Размер пьезоэлемента	Частота МГц	Материал	Тип разъема	Номера преобразователей по каталогу			
					45°	60°	70°	90°
Миниатюрный	6 x 6 мм	2,25	Сталь	RM	A561S- RM	A562S- RM	A563S- RM	A564S- RM*
		5,0	Сталь	RM	A571S- RM	A572S- RM	A573S- RM	A574S- RM*
		5,0	Алюминий	RM или SM	A591S	A592S	A593S	см. прим.*
Микро-миниатюрный	5 x 5 мм	2,25	Сталь	RM	A5050	—	—	A5053*
		5,0	Сталь	RM	A5020	A5023	A5021	—
		5,0	Сталь	SM	A5015	A5014	A5013	—
		10	Сталь	SM	—	—	A5054	—
		5,0	Алюминий	SM	A5067	A5068	A5069	см. прим.*

*Примечание: Преобразователи A564S-RM, A574S-RM и A5053 создают поверхностные волны в стали и алюминии.



Призмы поперечной волны для алюминия

- ❖ Совместимы с миниатюрными ввинчиваемыми, вставляемыми и стандартными наклонными преобразователями

Корпус преобразователя	Размер пьезоэлемента	Номера призм по каталогу				
		30°	45°	60°	70°	90°
Ввинчиваемый	13 мм	ABWM-5053T	ABWM-5027T	ABWM-5028T	ABWM-5029T	ABWML-5041T
	10 мм	ABWM-7024T	ABWM-7025T	ABWM-7026T	ABWM-7027T	ABWML-7028T
	6 мм	ABWM-4086T	ABWM-4087T	ABWM-4088T	ABWM-4089T	ABWML-4074T
Вставляемый	13 мм	ABWM-5053	ABWM-5027	ABWM-5028	ABWM-5029	ABWML-5041
	6 мм	ABWM-4086	ABWM-4087	ABWM-4088	ABWM-4089	ABWML-4074
Стандартный	25 мм	ABWS-3028	ABWS-3016	ABWS-3029	ABWS-3030	ABWSL-3039
	13 x 25 мм	ABWS-2021	ABWS-2022	ABWS-2023	ABWS-2024	ABWSL-2056
	13 мм	ABWS-1033	ABWS-1034	ABWS-1035	ABWS-1036	ABWSL-1045

Профилированные призмы

- ❖ Улучшают контакт на искривленных поверхностях



AID
(Продольный внутренний диаметр)



AOD
(Продольный внешний диаметр)



CID
(Поперечный внутренний диаметр)



COD
(Поперечный внешний диаметр)

Преобразователи со сменной линией задержки

Преобразователь со сменной линией задержки представляет собой совмещенный прямой преобразователь серии Videoscan, который оснащен корпусом, позволяющим использовать сменную линию задержки.

Преимущества:

- ❖ Сильно демпфированный преобразователь в комбинации со сменной линией задержки обеспечивает отличную околоповерхностную разрешающую способность
- ❖ Более высокая частота преобразователя улучшает лучевую и фронтальную разрешающую способность
- ❖ Улучшает возможность измерения тонких материалов или обнаружения малых дефектов при непосредственном контакте с объектом контроля
- ❖ Возможно профилирование линии задержки под цилиндрические объекты контроля

Области применения:

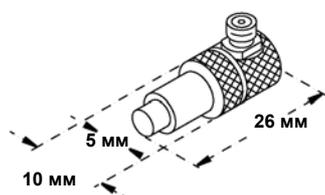
- ❖ Прецизионное измерение толщины
- ❖ Обнаружение дефектов прямым лучом
- ❖ Контроль объектов с ограниченными областями контакта

Преобразователи с линией задержки

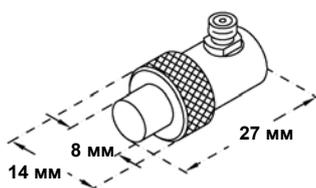
- ❖ Каждый преобразователь поставляется с линией задержки, рассчитанной на работу при комнатной температуре, и фиксирующей гайкой
- ❖ Возможна комплектация высокотемпературными линиями задержки и линиями задержки для сухого контакта

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу
2,25	6 мм	V204-RM
5,0	13 мм	V206-RM
	6 мм	V201-RM
10	6 мм	V202-RM
	3 мм	V203-RM
15	6 мм	V205-RM
20	3 мм	V208-RM

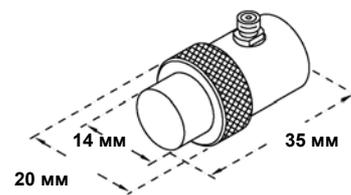
Размер пьезоэлемента 3 мм



Размер пьезоэлемента 6 мм



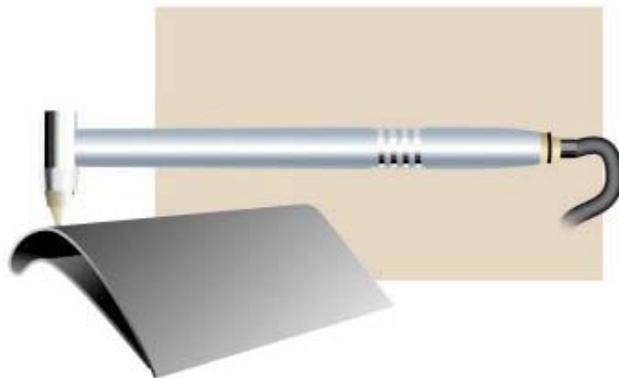
Размер пьезоэлемента 13 мм



Сменные линии задержки

Размер пьезоэлемента преобразователя	Стандартная линия задержки	Линия задержки для сухого контакта	Запасная фиксирующая гайка	Высокотемпературные		Пружинные держатели
				175°C (макс.)	260°C (макс.)*	
13 мм	DLH-2	DLS-2	DRR-2	DLHT-201	DLHT-2	2130
6 мм	DLH-1	DLS-1	DRR-1	DLHT-101	DLHT-1	2127 & DRR-1H
3 мм	DLH-3	DLS-3	DRR-3	DLHT-301	DLHT-3	2133 & DRR-3H

* По вопросам поставки высокотемпературных линий задержки свяжитесь с представителем компании Panametrics.



Преобразователи Sonoren®

- ❖ Фокусирующая сменная линия задержки
- ❖ Чрезвычайно малый диаметр контактной поверхности может улучшить характеристики на искривленных поверхностях и обнаружение малых дефектов
- ❖ Рукоятка с разъемом Microdot для более удобного размещения головки преобразователя

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу	Номер линии задержки по каталогу
15	3 мм	Прямая рукоятка	V260-SM
		Рукоятка под углом 90°	V260-RM
		Наконечник 2.0 мм	DLP-3

Преобразователь с линией задержки



Преобразователи со сменными протекторами рабочей поверхности

Преобразователи со сменными протекторами рабочей поверхности представляют собой прямые совмещенные контактные преобразователи продольной волны, которые могут использоваться с линией задержки, защитной мембраной или износостойким защитным колпачком.

Преимущества:

- ❖ Обеспечивают универсальность применения за счет установки сменной линии задержки, износостойкого защитного колпачка или защитной мембраны
- ❖ Когда преобразователь используется отдельно (без установки вышеуказанных протекторов), эпоксидная износостойкая поверхность обеспечивает хороший акустический импеданс, соответствующий импедансу пластиков, большинства композитов и других материалов с низким акустическим импедансом
- ❖ Резьба на корпусе преобразователя обеспечивает простое подключение линии задержки, защитной мембраны и износостойкого защитного колпачка

Области применения:

- ❖ Обнаружение дефектов прямым лучом
- ❖ Измерение толщины
- ❖ Контроль объектов с высокой температурой
- ❖ Контроль листов, заготовок, прутков и поковок

Стандартные преобразователи

- ❖ Специальные насадки обеспечивают более удобное удержание преобразователя рукой в перчатке
- ❖ Стандартный разъем – BNC под углом 90° (RB), может быть установлен прямой разъем BNC (SB)
- ❖ Преобразователь поставляется отдельно от линии задержки, защитной мембраны и износостойкого защитного колпачка



A606S-SB

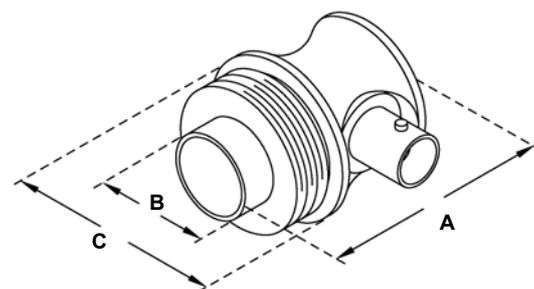


A604S-RB



A609S-RB

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу		
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN
0,5	38 мм	A689S- RB	A689R- RB	V689- RB
	29 мм	A691S- RB	A691R- RB	V691- RB
	25 мм	A601S- RB	A601R- RB	V601- RB
1,0	38 мм	A692S- RB	A692R- RB	V692- RB
	29 мм	A694S- RB	A694R- RB	V694- RB
	25 мм	A602S- RB	A602R- RB	V602- RB
	19 мм	A614S- RB	A614R- RB	V614- RB
	13 мм	A603S- RB	A603R- RB	V603- RB
2,25	38 мм	A695S- RB	A695R- RB	V695- RB
	29 мм	A697S- RB	A697R- RB	V697- RB
	25 мм	A604S- RB	A604R- RB	V604- RB
	19 мм	A605S- RB	A605R- RB	V605- RB
	13 мм	A606S- RB	A606R- RB	V606- RB
3,5	25 мм	A680S- RB	A680R- RB	V680 - RB
	19 мм	A681S- RB	A681R- RB	V681- RB
	13 мм	A682S- RB	A682R- RB	V682- RB
	25 мм	A607S- RB	A607R- RB	V607- RB
5,0	19 мм	A608S- RB	A608R- RB	V608 - RB
	13 мм	A609S- RB	A609R- RB	V609 - RB
	10	13 мм	A611S- RB	A611R- RB



Размер пьезоэлемента	(A)	(B)	(C)
38 мм	39 мм	57 мм	44 мм
29 мм	39 мм	46 мм	35 мм
25 мм	39 мм	41 мм	32 мм
19 мм	39 мм	36 мм	25 мм
13 мм	39 мм	30 мм	16 мм

Высокотемпературные линии задержки

- ❖ Обеспечивают прерывистый контакт с горячими поверхностями*
- ❖ Улучшают околосверхностную лучевую разрешающую способность
- ❖ Улучшают контакт с композитами и другими материалами с низким акустическим импедансом
- ❖ Профилированные линии задержки обеспечивают надежный контакт с искривленными поверхностями
- ❖ Среднетемпературные линии задержки (WTD) могут использоваться при комнатной температуре

Размер пьезоэлемента преобразователя	Крепежное кольцо линии задержки	175°C макс.	260°C макс.	480°C макс.
25 мм	DRN - 3	WTD - 3-х	HTD - 3-х	VHTD - 3-х
19 мм	DRN - 4	WTD - 4-х	HTD - 4-х	VHTD - 4-х
13 мм	DRN - 5	WTD - 5-х	HTD - 5-х	VHTD - 5-х

* Рекомендуемый цикл использования составляет максимально десять секунд контакта, после чего одна минута воздушного охлаждения. В свою очередь сам преобразователь не должен нагреваться выше 60°C.

Примечание: X = длина стандартной линии задержки, может составлять 13 мм, 25 мм и 38 мм. Указывается при заказе.

Примечание: Для линий задержки, указанных выше, при комнатной температуре скорость продольной волны составляет 2,54 мм/мксек ± 0,127 мм/мксек, что может быть использовано для приблизительных базовых расчетов. Это значение не может быть использовано для инженерных расчетов. При возникновении вопросов проконсультируйтесь у представителя компании Panametrics.



Специальные линии задержки для преобразователей с размером пьезоэлемента 31 и 38 мм.

Износостойкие защитные колпачки

- ❖ Нейлоновые износостойкие защитные колпачки обеспечивают защиту рабочей поверхности преобразователя при сканировании грубых поверхностей
- ❖ Профилированные износостойкие колпачки обеспечивают надежный контакт с искривленными поверхностями

Размер пьезоэлемента преобразователя	Защитные износостойкие колпачки
38мм	NWC - 1
29мм	NWC - 2
25мм	NWC - 3
19мм	NWC - 4
13мм	NWC - 5



Защитные мембраны

- ❖ Улучшают контакт с грубыми и неровными поверхностями
- ❖ Обеспечивают сухой контакт с гладкими чистыми поверхностями

Размер пьезоэлемента преобразователя	Только мембраны*		Фиксирующая гайка мембраны	Комплекты (12 мембран, 1 гайка, контактная жидкость С-2)
	(упаковка из 12 шт.)	(упаковка из 60 шт.)		
38 мм	PM-1-12	PM-1-60	MRN - 1	PMK - 1
29 мм	PM-2-12	PM-2-60	MRN - 2	PMK - 2
25 мм	PM-3-12	PM-3-60	MRN - 3	PMK - 3
19 мм	PM-4-12	PM-4-60	MRN - 4	PMK - 4
13 мм	PM-5-12	PM-5-60	MRN - 5	PMK - 5

* Поставляются в листах размером 914 мм x 914 мм x 0,8 мм. Номер для заказа NPD-665-3101.



Иммерсионные преобразователи

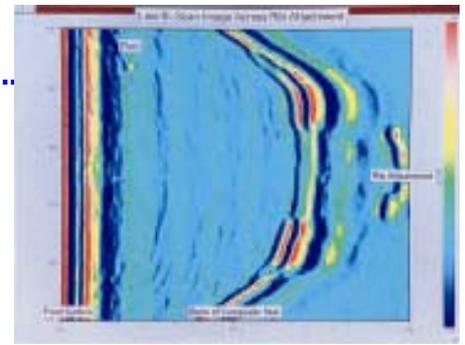
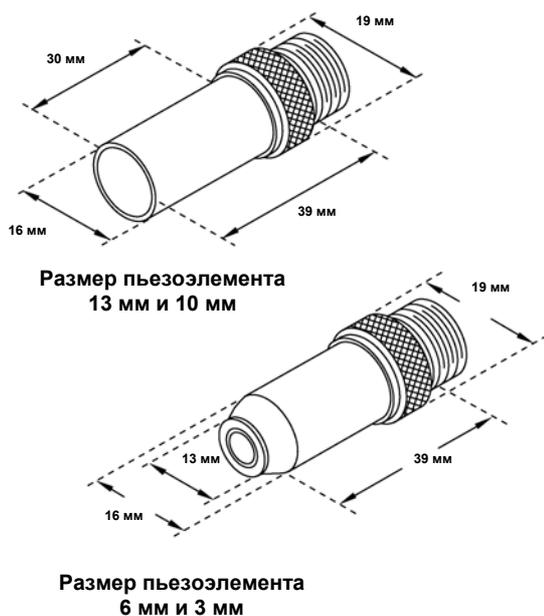
Иммерсионный преобразователь представляет собой совмещенный прямой преобразователь прямой волны с просветляющим слоем на рабочей поверхности, толщина которого равна $\frac{1}{4}$ длины ультразвуковой волны в воде. Преобразователи этого типа специально предназначены для ультразвукового контроля объектов, частично или полностью погруженных в воду.

Преимущества:

- ❖ Технология иммерсионного контроля обеспечивает надежный контакт с объектом контроля
- ❖ Просветляющий слой, толщина которого равна $\frac{1}{4}$ длины ультразвуковой волны, повышает выход звуковой энергии
- ❖ Корпус преобразователя выполнен из нержавеющей стали 303 с хромированными латунными разъемами
- ❖ Специальный экран, защищающий от недетектированных сигналов, улучшает отношение сигнал-шум
- ❖ Все иммерсионные преобразователи, кроме широкозахватных, могут быть сфокусированы сферически (в точку) или цилиндрически (в линию)
- ❖ Определяемое заказчиком фокусное расстояние позволяет сконцентрировать ультразвуковой луч для повышения чувствительности к отражателям малого размера
- ❖ Цилиндрический фокус уменьшает отражение от границы сред при контроле труб и прутков

Применение:

- ❖ Автоматизированное сканирование
- ❖ Измерение толщины в процессе обработки изделия
- ❖ Быстрое обнаружение дефектов в трубах, прутках, листах и других подобных изделиях
- ❖ Формирование изображений на основании данных о времени прохождения ультразвуком траектории и амплитуды эхосигнала
- ❖ Контроль методом сквозного прозвучивания
- ❖ Анализ материала и измерение скорости ультразвука в материалах



A312S-SU-NK-CF

Стандартный корпус

- ❖ Рифленый корпус с прямым разъемом UHF (SU)
- ❖ О нерифленых корпусах и возможности установки разъемов других типов проконсультируйтесь у представителя компании Panametrics
- ❖ Диапазон частот от 1,0 до 25 МГц

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номера преобразователей по каталогу		
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN
1,0	13 мм	A303S-SU	A303R-SU	V303-SU
	10 мм	—	—	V306-SU
	6 мм	—	—	V325-SU V323-SU
2,25	13 мм	A306S-SU	A306R-SU	V306-SU
	10 мм	—	—	V325-SU
	6 мм	—	—	V323-SU
3,5	13 мм	A382S-SU	A382R-SU	V382-SU
	10 мм	—	—	V383-SU
	6 мм	—	—	V384-SU
5,0	13 мм	A309S-SU	A309R-SU	V309-SU
	10 мм	A326S-SU	A326R-SU	V326-SU
	6 мм	A310S-SU	A310R-SU	V310-SU
7,5	13 мм	A320S-SU	A320R-SU	V320-SU
10	13 мм	A311S-SU	A311R-SU	V311-SU
	10 мм	A327S-SU	A327R-SU	V327-SU
	6 мм	A312S-SU	A312R-SU	V312-SU
15	13 мм	A319S-SU	A319R-SU	V319-SU
	10 мм	—	—	V328-SU
	6 мм	A313S-SU	A313R-SU	V313-SU
20	6 мм	—	—	V317-SU
	3 мм	—	—	V316-SU
25	6 мм	—	—	V324-SU

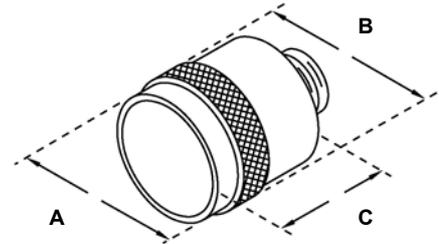
Корпуса для пьезоэлементов большого размера

- ❖ Пьезоэлементы большого размера увеличивают ближнюю зону, обеспечивая увеличение фокусных расстояний
- ❖ Пьезоэлементы больших размеров позволяют увеличить шаг сканирования
- ❖ Низкочастотные преобразователи с апертурой большого диаметра рассчитаны на перспективные методы контроля

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу		
0,5	38 мм	ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN
	29 мм	A389S-SU	A389R-SU	V389-SU
	25 мм	A391S-SU	A391R-SU	V391-SU
	19 мм	A301S-SU	A301R-SU	V301-SU
1,0	38 мм	—	—	V318-SU
	29 мм	A392S-SU	A392R-SU	V392-SU
	25 мм	A394S-SU	A394R-SU	V394-SU
	19 мм	A302S-SU	A302R-SU	V302-SU
2,25	38 мм	A314S-SU	A314R-SU	V314-SU
	29 мм	A395S-SU	A395R-SU	V395-SU
	25 мм	A397S-SU	A397R-SU	V397-SU
	19 мм	A304S-SU	A304R-SU	V304-SU
3,5	25 мм	A305S-SU	A305R-SU	V305-SU
	19 мм	A380S-SU	A380R-SU	V380-SU
5,0	25 мм	A381S-SU	A381R-SU	V381-SU
	19 мм	A307S-SU	A307R-SU	V307-SU
7,5	25 мм	A308S-SU	A308R-SU	V308-SU
	19 мм	A321S-SU	A321R-SU	V321-SU
10	25 мм	—	—	V322-SU
	19 мм	A315S-SU	A315R-SU	V315-SU



Корпуса для пьезоэлементов большого размера



Размер пьезоэлемента	(A)	(B)	(C)
38 мм	44 мм	46 мм	38 мм
29 мм	35 мм	37 мм	32 мм
25 мм	32 мм	33 мм	32 мм
19 мм	25 мм	27 мм	32 мм

Отражающие зеркала

- ❖ Обеспечивают направление ультразвукового луча за счет отражения, когда контроль прямым лучом невозможен
- ❖ Стандартные зеркала обеспечивают отражение ультразвукового луча под углом 90°

Тип корпуса	Угол ввода ультразвукового луча	Номер по каталогу
Стандартный	45°	F102
Тонкий	45°	F132
Удлиненный	45°	F198



Стержни для иммерсионных преобразователей

- ❖ Обеспечивают простую и быструю установку иммерсионных преобразователей, а также управление ими

Номера стержней по каталогу и их длина	Разъемы	Внешний диаметр	
F112	38 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F113	51 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F114	76 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F115	152 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F116	203 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F117	305 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F118	457 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F119	610 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F120	762 мм	UHF - UHF	18,75 мм
F211	305 мм	Microdot - Microdot	7,92 мм

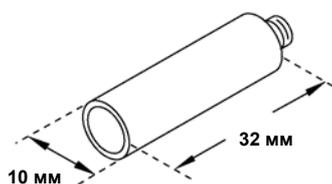
Более подробная техническая информация содержится на страницах:

Открытые локальные иммерсионные ванны и контактные жидкости	стр. 30
Теория фокусировки	стр. 37 - 38
Таблица значений ближней зоны	стр. 40

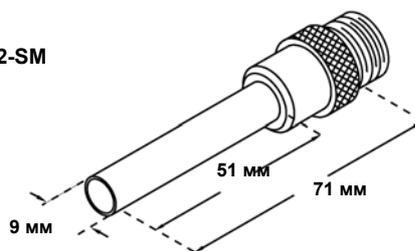
Корпус малого диаметра

- ❖ Корпус из нержавеющей стали диаметром 10 мм очень удобен для контроля в местах с ограниченным доступом
- ❖ Стандартный разъем – прямой Microdot (SM)
- ❖ В корпус этого типа устанавливаются пьезоэлементы размером 6 мм и 3 мм

Частота МГц	Размер пьезо- элемента	Номера преобразователя по каталогу		
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN
2,25	6 мм	—	—	V323-SM
3,5	6 мм	—	—	V384-SM
5,0	6 мм	A310S-SM	A310R-SM	V310-SM
10	6 мм	A312S-SM	A312R-SM	V312-SM
15	6 мм	A313S-SM	A313R-SM	V313-SM
20	6 мм	—	—	V317-SM
	3 мм	—	—	V316-SM
25	6 мм	—	—	V324-SM



V312-SM



V316-N-SU-F

Удлиненный корпус

- ❖ Корпус малого диаметра длиной 51 мм удобен для контроля в местах с ограниченным доступом
- ❖ Стандартный разъем – прямой UHF (SU)
- ❖ Корпус этого типа очень удобен для контроля в болтовых отверстиях и внутри труб

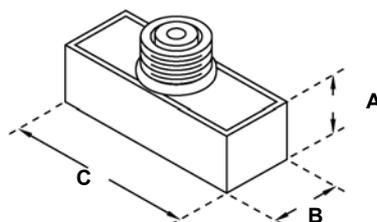
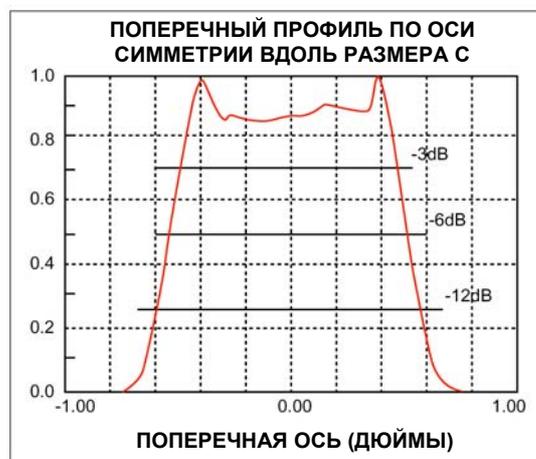
Частота МГц	Размер пьезо- элемента	Номера преобразователя по каталогу		
		ACCUSCAN-S	ACCUSCAN-R	VIDEOSCAN
2,25	6 мм	—	—	V323-N-SU
3,5	6 мм	—	—	V384-N-SU
5,0	6 мм	A310S-N-SU	A310R-N-SU	V310-N-SU
10	6 мм	A312S-N-SU	A312R-N-SU	V312-N-SU
15	6 мм	A313S-N-SU	A313R-N-SU	V313-N-SU
20	6 мм	—	—	V317-N-SU
	3 мм	—	—	V316-N-SU
25	6 мм	—	—	V324-N-SU

Широкозахватные преобразователи Accuscan

- ❖ Обеспечивают большой шаг сканирования, который очень удобен при контроле алюминиевых или стальных листов
- ❖ Чувствительность не хуже $\pm 1,5$ дБ поддерживается по всей рабочей поверхности преобразователя (также можно устанавливать максимальную чувствительность на краях рабочей поверхности)

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу
2,25	38 x 6 мм	A330S-SU
3,5		A331S-SU
5,0		A332S-SU
7,5		A333S-SU
10		A334S-SU
2,25	51 x 6 мм	A340S-SU
3,5		A341S-SU
5,0		A342S-SU
7,5		A343S-SU
10		A344S-SU

Примечание: Сертификат проверки стандарта ультразвукового луча прилагается к каждому преобразователю.



A334S-SU

Размер пьезоэлемента	(A)	(B)	(C)
51 x 6 мм	21 мм	19 мм	64 мм
38 x 6 мм	21 мм	19 мм	51 мм



Прямые преобразователи поперечной волны

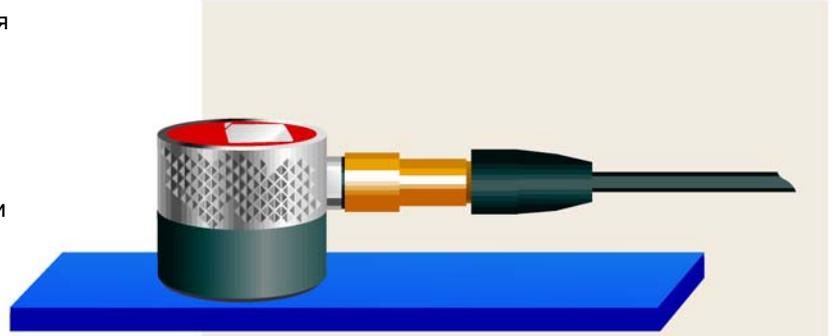
Эти совмещенные преобразователи обеспечивают ввод поперечной ультразвуковой волны непосредственно в объект контроля без использования преломления.

Преимущества

- ❖ Соотношение составляющих продольной и поперечной волн в целом ниже –30 дБ
- ❖ Генерация поперечных волн, которые распространяются перпендикулярно к поверхности объекта контроля
- ❖ Для упрощения ориентации направление поляризации продольной волны номинально находится на одной линии с разъемом

Области применения:

- ❖ Измерение скорости поперечной волны
- ❖ Расчет модуля эластичности (модуля Юнга) и модуля сдвига (см. формулы в разделе "Технические примечания")
- ❖ Изучение структуры зернистых материалов



Для ввода поперечной волны при контроле общего характера компания Panametrics рекомендует использовать контактные жидкости SWC.

Серия преобразователей прямого контакта

- ❖ Износостойкий протектор WC-5 увеличивает срок службы преобразователя и обеспечивает износоустойчивость его рабочей поверхности
- ❖ Преобразователи могут быть установлены в стандартном или рифленном корпусе
- ❖ Корпус выполнен из нержавеющей стали 303
- ❖ Корпуса этого типа могут быть оснащены прямыми разъемами Microdot (SM) и прямыми разъемами BNC (SB), а также разъемами других типов по специальному заказу

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Номер преобразователя по каталогу	
		Стандартный корпус	Рифленный корпус
0,1	25 мм	V1548	—
0,25	25 мм	V150 - RB	V150 - RM
0,5	25 мм	V151- RB	V151- RM
1,0	25 мм	V152- RB	V152- RM
	13 мм	V153- RB	V153- RM
2,25	13 мм	V154 - RB	V154 - RM
	13 мм	V155 - RB	V155 - RM
5,0	6 мм	—	V156 - RM
	3 мм	—	V157- RM

Размеры указаны в разделе "Контактные преобразователи" на стр. 4 и 5.



Серия преобразователей с линией задержки

- ❖ Встроенная линия задержки позволяет проводить измерения на более высоких частотах
- ❖ Линия задержки из кварцевого стекла уменьшает рассеяние звука и обеспечивает физическую защиту пьезоэлемента

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Время задержки	Номер преобразователя по каталогу
5,0	6 мм	7 мксек	V220- BA-RM
10	6 мм	7 мксек	V221- BA-RM
	6 мм	7 мксек	V222- BA-RM
	6 мм	7 мксек	V222- BB -RM
20	6 мм	4 мксек	V222- BC-RM

Размеры указаны в разделе "Высокочастотные контактные преобразователи" на стр. 20.



Высокочастотные преобразователи

Высокочастотные преобразователи представляют собой совмещенные контактные или иммерсионные преобразователи с частотами 20 МГц и выше.

Преимущества:

- ❖ Высокодемпфированная широкополосная конструкция обеспечивает отличную лучевую разрешающую способность
- ❖ Короткая длина волны расширяет возможности обнаружения дефектов
- ❖ Фокусировка обеспечивает очень малый диаметр ультразвукового луча
- ❖ Частотный диапазон от 20 МГц до 150 МГц. О возможности установки более высоких частот проконсультируйтесь у представителя компании Panametrics

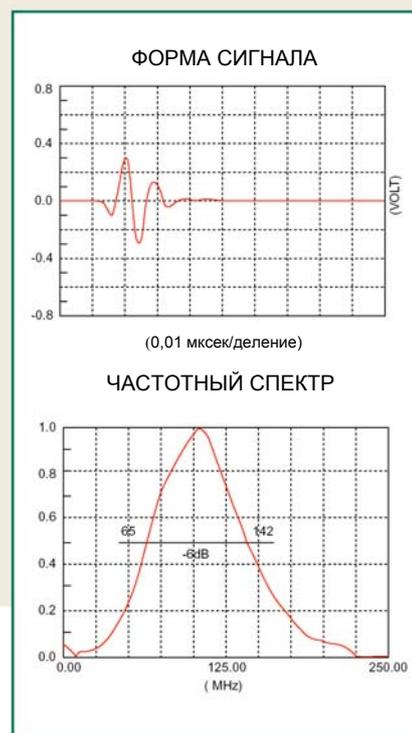
Области применения:

- ❖ Обнаружение дефектов, в частности рыхлот и микротрещин, с высокой разрешающей способностью
- ❖ Получение изображения С-развертки поверхностных трещин или неровностей
- ❖ Измерение толщины материалов (до 0,01 мм)
- ❖ Контроль керамических и высокотехнологичных инженерных материалов
- ❖ Анализ материалов
- ❖ Акустическая микроскопия

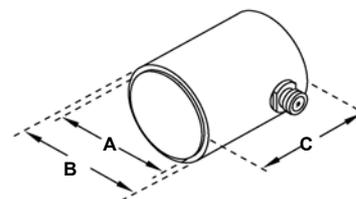
Высокочастотные контактные преобразователи

- ❖ Постоянная линия задержки из кварцевого стекла позволяет обнаруживать дефекты, проводить анализ материала или измерения толщины, используя метод непосредственного контакта
- ❖ Три различных типа линий задержки (BA, BB и BC) обеспечивают различные сочетания эхосигналов линий задержки
- ❖ Стандартный разъем Microdot под углом 90° (RM)

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Задержка мксек	Номер преобразователя по каталогу
20	6 мм	4,25	V212- BA- RM
	6 мм	4,25	V212- BB- RM
	6 мм	2,5	V212- BC- RM
30	6 мм	4,25	V213 - BA- RM
	6 мм	4,25	V213 - BB- RM
	6 мм	2,5	V213 - BC- RM
50	6 мм	4,25	V214 - BA- RM
	6 мм	4,25	V214 - BB- RM
	6 мм	2,5	V214 - BC- RM
	3 мм	4,25	V215 - BA- RM
	3мм	4,25	V215 - BB- RM
	3 мм	2,5	V215 - BC- RM
75	6 мм	2,5	V2022 (BC)
	3 мм	2,5	V2025 (BC)
100	3 мм	4,25	V2054 (BA)
	3 мм	2,5	V2012 (BC)
125	3 мм	2,5	V2062



Компания Panametrics также производит высокотемпературные иммерсионные полимерные преобразователи, см. стр 24.



Тип линии задержки	(A)	(B)	(C)
BA	18 мм	21 мм	25 мм
BB	9 мм	11 мм	21 мм
BC	9 мм	11 мм	16 мм

Высокочастотные иммерсионные преобразователи в стандартном корпусе

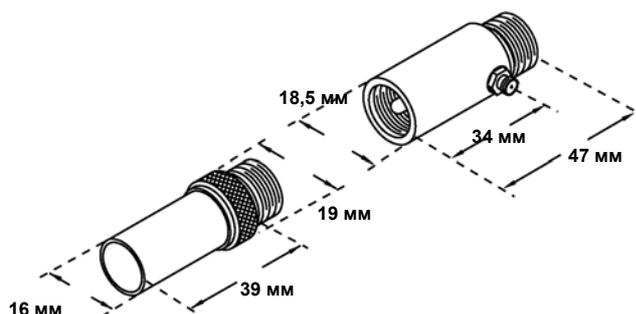
- ❖ Оснащены постоянной встроенной линией задержки
- ❖ Для фокусировки используются специальные линзы
- ❖ Переходник F202 обеспечивает совместимость разъема UHF с разъемом Microdot (см. рисунки, а также стр. 29)
- ❖ Сочетают высокую частоту и малый размер корпуса

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Задержка мксек	Фокусное расстояние	Номер преобразователя по каталогу
20	6 мм	4.25	не фокусирующий	V354-SU
	6 мм	2.5	19 мм	V372-SU
	6 мм	4.25	32 мм	V373-SU
	6 мм	4.25	51 мм	V374-SU
30	6 мм	4.25	не фокусирующий	V356-SU
	6 мм	2.5	19 мм	V375-SU
	6 мм	4.25	32 мм	V376-SU
	6 мм	4.25	51 мм	V377-SU
50	6 мм	4.25	не фокусирующий	V358-SU

V358-SU



V358-SU с переходником F202

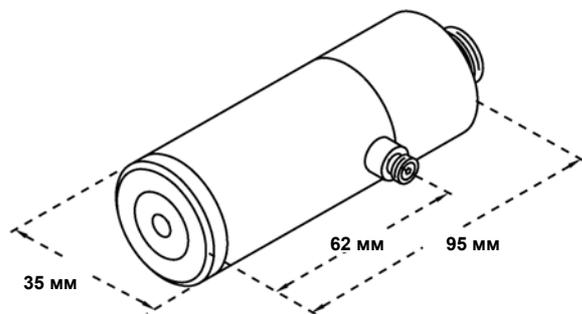


Высокочастотные иммерсионные преобразователи в корпусе типа SU/RM

- ❖ Постоянная линия задержки из кремниевого стекла со специальными линзами обеспечивает высокую степень прецизионности при наведении и фокусировке ультразвукового луча
- ❖ Корпус из нержавеющей стали оснащен пассивным прямым разъемом UHF и активным разъемом Microdot под углом 90°
- ❖ Корпуса большого размера обеспечивают уменьшение реверберации и шума в линии задержки

Частота МГц	Размер пьезоэлемента	Задержка мксек	Фокусное расстояние	Номер преобразователя по каталогу
50	6 мм	19.5	13 мм	V390 -SU/RM
	6 мм	19.5	19 мм	V3192
	6 мм	19.5	25 мм	V3193
	6 мм	19.5	45 мм	V3409
	6 мм	19.5	51 мм	V3337
	6 мм	9.4	5 мм	V3330*
	3 мм	19.5	13 мм	V3332
75	6 мм	19.5	13 мм	V3320
	6 мм	19.5	19 мм	V3349
90	6 мм	19.5	13 мм	V3512
100	6 мм	19.5	13 мм	V3194
	6 мм	19.5	25 мм	V3394
	6 мм	9.4	5 мм	V3534*
	3 мм	19.5	6 мм	V3346

* Примечание: Преобразователи создают поверхностные ультразвуковые волны в стали, титане и других материалах с такой же скоростью ультразвука



V3194 с трансформером F109



Специальные преобразователи

Преобразователи производства нидерландской компании RTD

Преобразователи производства компании RTD хорошо известны в ядерной промышленности. Они используются для контроля критических зон сварки труб и сосудов высокого давления. Компания Panametrics является эксклюзивным представителем компании RTD в Северной Америке. Область применения этих преобразователей довольно широка: контроль качества крупнозернистой аустенитной стали, обнаружение трещин под покрытием, обнаружение и определение размеров межкристаллических коррозионных трещин (IGSCC), автоматическое сканирование труб и сосудов высокого давления. Эти преобразователи могут быть также использованы для непрерывного контроля изделий с высокой температурой поверхности.



Преобразователи с закрытой локальной иммерсионной ванной

Преобразователи с локальной иммерсионной ванной оснащены сменной гибкой мембраной, которая удерживает небольшое количество воды перед нефокусирующим или фокусирующим иммерсионным преобразователем. Эта мембрана меняет свою форму в зависимости от изгиба поверхности объекта контроля. Одним из наиболее часто используемых случаев применения этих преобразователей является контроль точечной сварки. В дополнение к локальной иммерсионной ванне на эти преобразователи могут быть установлены сменные линии задержки для контроля точечной сварки или для других специальных случаев контроля. Линии задержки могут иметь нестандартные размеры в зависимости от требований заказчика. Для получения более подробной информации Вы можете заказать специальное издание, посвященное вопросам контроля точечной сварки.



Призмы CDS

Призмы CDS используются для обнаружения и определения размеров трещин с использованием технологии "30-70-70"¹⁾. Эти призмы совместимы со сменными миниатюрными ввинчивающимися наклонными преобразователями производства компании Panametrics, что обеспечивает их более экономичное использование. Для получения более подробной информации Вы можете заказать Указатель обновления преобразователей № 10.



¹⁾ Технология "30-70-70" в России мало применима.

Преобразователи с линией задержки, оснащенные рукояткой с шарнирной головкой

Эти преобразователи используются для контроля в зонах ограниченного доступа, например смежных лопаток турбин. Шарнирная головка обеспечивает надежный контакт преобразователя с поверхностью объекта контроля.



Преобразователи с ручной открытой локальной иммерсионной ванной

Преобразователи с ручной открытой локальной иммерсионной ванной имеют частоту 20 МГц (V316B) или 10 МГц (V312B). Эти иммерсионные преобразователи навинчиваются на локальную иммерсионную ванну (B120), которая оснащена сменным наконечником из нержавеющей стали. Преобразователи этого типа обеспечивают высокую разрешающую способность и удобны для контроля тонких материалов. Используя преобразователь V316B с локальной иммерсионной ванной, можно контролировать материалы с толщиной до 0,2 мм. Для получения более подробной информации Вы можете заказать Указатель обновления преобразователей № 8A.



Широкополосные преобразователи с высокой степенью демпфирования и частотой 500 КГц

Преобразователи с высокой степенью демпфирования используются для измерения толщины стекловолокна, композитов и других материалов с высокой степенью ослабления ультразвука. Для обнаружения дефектов в отливках большой толщины и с грубой поверхностью на преобразователи этого типа может устанавливаться нейлоновый защитный колпачок NWS-302.



Низкочастотные узкополосные преобразователи

Эти преобразователи могут быть использованы в паре для контроля методом сквозного прозвучивания таких материалов, как бетон, дерево и геологические образцы. Эти преобразователи имеют частоты 50 КГц (X1021), 100 КГц (X1020) и 180 КГц (X1019). С преобразователями рекомендуется использовать высоковольтные генераторы/приемники, такие как Panametrics 5058PR.



Преобразователи с сочетанием режимов продольной/поперечной волны

Эти преобразователи одновременно генерируют продольные и поперечные ультразвуковые волны и могут быть оснащены одним, двумя или тремя пьезоэлементами, размещенными в одном корпусе. По отдельному заказу преобразователи этого типа могут иметь различную частоту и размеры пьезоэлементов.



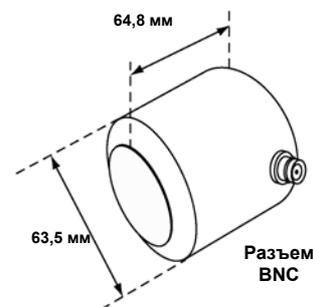
Преобразователи с магнитным держателем

Конструкция этих преобразователей характеризуется наличием магнитного кольцевого держателя вокруг корпуса, который позволяет стационарно закреплять преобразователь на магнитных материалах, освобождая руки оператора. Преобразователи этого типа могут иметь различную частоту, размеры корпуса и оснащаться магнитными держателями новейшей разработки, повышающими надежность закрепления преобразователя.



Низкочастотные широкополосные преобразователи с частотой 100 КГц и 250 КГц

Эти преобразователи позволяют избежать затруднений при контроле материалов с низким импедансом (таких как стекловолокно, композиты, дерево и геологические образцы) эхо-импульсным методом.



Призма с изменяемым углом ввода ультразвукового луча

Призма с изменяемым углом ввода ультразвукового луча позволяет настраивать угол падения в призме от 0° до 70° и создавать угол ввода в стали от 0° до 90°. Эта призма используется со стандартными наклонными преобразователями Panametrics с размером пьезоэлемента 13 x 25 мм (см. стр. 10).



Иммерсионные преобразователи с разъемом UHF под углом 90°

Иммерсионные преобразователи этого типа снабжены прямоугольным корпусом из нержавеющей стали с разъемом UHF, установленным под углом 90° к рабочей поверхности. Эти преобразователи могут быть оснащены пьезоэлементом размером 6 мм, 10 мм и 13 мм.



Низкотемпературные контактные преобразователи

Эти преобразователи предназначены для ультразвукового контроля в условиях пониженной температуры, в частности, измерения толщины льда.



Полимерные преобразователи

Полимерные преобразователи стали популярны в последние годы благодаря широкой полосе пропускания, которая приводит к повышению разрешающей способности. Кроме этого, соответствие акустического импеданса полимеров акустическому импедансу воды обеспечивает лучшую передачу ультразвуковой энергии. Одно из главных преимуществ высокочастотных полимерных преобразователей заключается в отсутствии встроенных линий задержки, что позволяет устранить дополнительные эхосигналы от границы сред.



Сверхминиатюрный (XMS) преобразователь

Сверхминиатюрный преобразователь представляет собой иммерсионный преобразователь очень малого размера с диаметром и длиной корпуса 3 мм. Этот преобразователь очень удобен для обнаружения дефектов в местах с чрезвычайно затрудненным доступом или при контроле многоэлементных решеток. Преобразователь в сборе оснащен кабелем длиной 1 м со специальным разъемом Microtech. Для соединения с наиболее распространенными типами ультразвуковых приборов, выпускаемых промышленностью, можно установить переходники Microtech/BNC или Microtech/Lemo1.



Иммерсионные преобразователи бокового обзора и зеркала под углом 90°

Такие преобразователи и зеркала используются для контроля труб и другого подобного оборудования изнутри. Стандартные преобразователи бокового обзора имеют частоту 10 МГц (V3591) и 20 МГц (V3343).



Преобразователи с частотой 150 МГц

Преобразователи с частотой 150 МГц могут быть иммерсионными или контактными. Характеристики зависят от генератора/приемника и условий применения. Все преобразователи этого типа производятся по специальному заказу, с учетом характеристик, указанных заказчиком. Для получения более подробной информации по вопросам применения этих преобразователей свяжитесь с представителем компании Panametrics.



Облегченные высокочастотные иммерсионные преобразователи

Эти преобразователи являются альтернативой преобразователям Panametrics в корпусах типа SU/RM (см. стр. 21). Они имеют меньшую толщину корпуса и меньший вес при сохранении высокого качества.



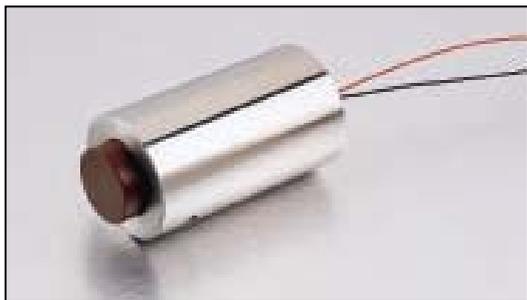
Преобразователи с защитой от радиации

Предназначены для защиты от радиации до 100 Мрад. Эти иммерсионные преобразователи оснащены неразъемным кабелем и могут быть изготовлены в фокусирующем и не фокусирующем варианте.



Высокотемпературные преобразователи с линией задержки для непрерывного контроля

Эти преобразователи могут непрерывно работать при температурах до 175°C и давлении ок. 6 атмосфер. Обычно преобразователи этого типа используются для контроля медицинских материалов в автоклаве.



Сверхвысокотемпературные раздельно-совмещенные преобразователи

Эти раздельно-совмещенные преобразователи специально предназначены для контроля методом прерывистого контакта объектов с температурой поверхности до 500°C с минимальным смещением нуля. Они совместимы со всеми дефектоскопами, выпускаемыми промышленностью.



Миниатюрные винчиваемые и вставляемые призмы для преобразователей с частотой 2,25 МГц

Обычно наклонные преобразователи работают в соответствии с законом Снеллиуса. Однако, закон Снеллиуса теряет значение при больших значениях угла ввода ультразвукового луча у низкочастотных преобразователей с пьезоэлементом малого размера. По этой причине компания Panametrics предлагает следующие миниатюрные винчиваемые и вставляемые призмы. Мы рекомендуем использовать эти призмы с преобразователями с частотой 2,25 МГц и менее. При этом важно учитывать незначительное изменение угла ввода.

Размер пьезоэлемента	Номер призмы по каталогу			
	Винчиваемые		Вставляемые	
	60°	70°	60°	70°
13 мм	ABWM-5082T	ABWM-5083T	ABWM-5081	ABWM-5080
6 мм	ABWM-4119T	ABWM-4120T	ABWM-4069	ABWM-4070

Стандартные образцы

Компания Panametrics поставяет полный комплект стандартных образцов.

- ❖ Образцы могут быть изготовлены из различных материалов
- ❖ Замените символ "X" в номере по каталогу на соответствующую цифру, обозначающую материал образца:

1 = сталь 1018

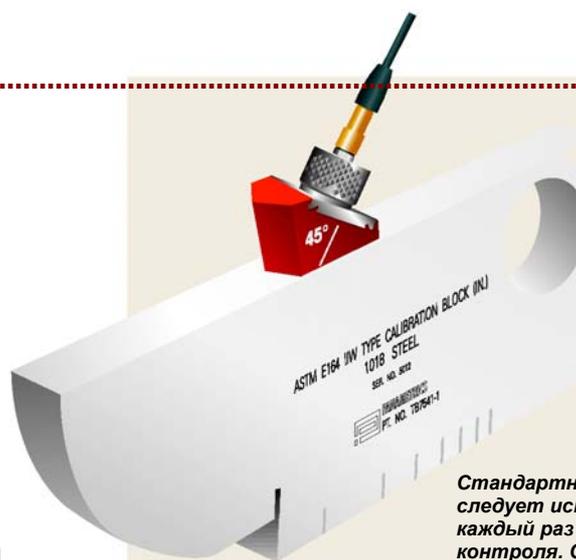
2 = сталь 4340

4 = алюминиевый сплав 7075-T6

5 = нержавеющая сталь 304

8 = титановый сплав 6-4

- ❖ Образцы, выполненные из стали 1018, нержавеющей стали 304 или алюминия 7075-T6 составляют обычный ассортимент. Другие материалы требуют специального запроса для определения стоимости и условий поставки
- ❖ Для получения более подробной информации, касающейся не перечисленных выше материалов, образцов или специальных образцов, свяжитесь с представителем компании Panametrics



Стандартные образцы следует использовать каждый раз при проведении контроля. Стандартные образцы используются для настройки наклонных преобразователей и для настройки при измерении толщины наиболее распространенных материалов.

Стандартные образцы для настройки дефектоскопов

Компания Panametrics поставяет полный комплект образцов для настройки дефектоскопических систем. Размеры всех образцов проверены при помощи измерительного оборудования, соответствующего стандартам NIST

(Национального института стандартов и технологий США). Наиболее часто используемые стандартные образцы перечислены ниже.

Тип	Номер по каталогу	Футляр из твердого дерева	Описание
Образец ASTM E164 типа IIV	TB7541-x	F129	Соответствует требованиям AASHTO и AWS к образцам типа 1. Используется для настройки глубиномера и чувствительности, определения угла ввода и точки выхода ультразвукового луча наклонных преобразователей. Выполнен с указанием английских единиц измерения (дюймов).
	TB1054 -x	F129	Выполнен с указанием метрических единиц измерения.
Образец IIV-2 BBC США	TB5939 -x	F129	Образец типа IIV, предлагаемый Руководством по неразрушающему контролю BBC США T.O. 33B -1-1. Имеет 2 отражателя, выполненных в виде цилиндрических поверхностей радиусом 2 дюйма и 4 дюйма, а также цилиндрические боковые отражатели № 3, № 5 и № 8 и отметки для настройки глубиномера по 2-дюймовому отверстию.
Образец RC AWS	TB7543 -x	F157	Используется для оценки разрешающей способности наклонных преобразователей в соответствии с требованиями AWS и AASHTO.
Образец SC AWS	TB7545 -x	F158	Используется для настройки чувствительности и определения угла ввода ультразвукового луча наклонных преобразователей в соответствии с требованиями AWS и AASHTO.
Образец DC AWS	TB7547-x	F159	Используется для настройки глубиномера и определения точки выхода ультразвукового луча наклонных преобразователей в соответствии с требованиями AWS и AASHTO.
Образец DSC AWS	TB7549-x	F160	Используется для настройки глубиномера и чувствительности, а также для определения угла ввода и точки выхода ультразвукового луча наклонных преобразователей в соответствии с требованиями AWS и AASHTO.
Образец DS AWS	TB7551-x	F161	Используется для оценки линейности по горизонтали и точности в дБ в соответствии с требованиями AWS и AASHTO.
Образец 30FBH	TB7160-x	Включен в комплект поставки	Используется для оценки околповерхностной разрешающей способности и чувствительности ультразвукового оборудования к размеру/глубине залегания дефекта. Имеет плоскодонные отражатели стандарта ASTM № 3, № 5 и № 8, расположенные на десяти различных глубинах от 0,050 дюйма до 1,250 дюйма.
Образец NAVSHIPS	TB7567-x	F162	Имеет шесть цилиндрических боковых отражателей № 3. Используется для настройки глубиномера по амплитуде эхосигнала в соответствии с требованиями NAVSHIPS 0900-006-3010.
Образец ASTM E164 MAB	TB7150-x	F197	Миниатюрный образец для настройки глубиномера, определения точки выхода и угла ввода ультразвукового луча, а также настройки чувствительности наклонных преобразователей (ROMPAS). Толщина один дюйм.
Стальной образец ISO 7963 (V2)	TB1065 -x	F197	Миниатюрный образец для настройки глубиномера, определения точки выхода и угла ввода ультразвукового луча, а также настройки чувствительности наклонных преобразователей. Толщина 25 мм.

Кабели и адаптеры

- ❖ Из предлагаемого ассортимента вы можете выбрать кабель, соответствующий конкретным условиям контроля
- ❖ Стандартная длина кабелей 0,9 м (3 фута), 1,2 м (4 фута) и 1,8 м (6 футов). При заказе замените символ X в номере кабеля по каталогу на нужную длину в футах
- ❖ Компания Panametrics изготавливает также кабели с длиной, указываемой заказчиком
- ❖ Буквы перед номером кабеля по каталогу обозначают тип разъема на обоих концах кабеля
- ❖ Компания Panametrics изготавливает специальные кабели. Для получения информации о характеристиках специальных кабелей свяжитесь с представителем компании Panametrics

Стандартные кабели

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCB-58- x	BNC - BNC
BCB-74 - x	BNC - BNC
BCM -74 - x	BNC - Microdot
BCMA-74 - x	BNC - Microdot без кембрика
BCRM-74 - x	BNC – Microdot под углом 90°
BCT-58 – x	BNC - TNC
BCU-58 – x	BNC - UHF
BCU- 62- x	BNC - UHF
FLCB-74 – x	Lemo розеточного типа - BNC
LCB-74 – x	Lemo 00 - BNC
LCM-74 – x	Lemo 00 - Microdot
LCU-74 – x	Lemo 00 - UHF
L1CB-58 - x	Lemo 1 - BNC
L1CM-74 - x	Lemo 1 - Microdot
L1CU-74 – x	Lemo 1 - UHF
L1CU-74 – x	Lemo 1 - UHF
UCM-74 – x	UHF - Microdot
UCU-58 - x	UHF - UHF

Кабели, рассчитанные на эксплуатацию в неблагоприятных условиях (HD)

- ❖ Внешнее тефлоновое покрытие обеспечивает гибкость и улучшенные характеристики кабеля при использовании в неблагоприятных производственных условиях

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCB-188- x HD	BNC - BNC
BCM-188- x HD	BNC - Microdot
BCU-188- x HD	BNC - UHF
LCB-188- x HD	Lemo 00 - BNC
LCM-188- x HD	Lemo 00 - Microdot



Кабели обеспечивают соединение между преобразователем и прибором, являясь важной частью в оптимизации характеристик системы. Кабели могут иметь практически любую длину и оснащаться разъемами любых типов с обоих концов.

Кабели с жакетом из нержавеющей стали (SSA)

- ❖ Взаимоблокирующийся жакет из нержавеющей стали обеспечивает гибкость, защиту и износостойкость кабеля при использовании в неблагоприятных производственных условиях
- ❖ Можно заказать кабели этого типа длиной до 8 м

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCB -188- x SSA	BNC - BNC
BCM -188- x SSA	BNC - Microdot
BCRM -188- x SSA	BNC - Microdot под углом 90°
BCU-188- x SSA	BNC - UHF
LCM -188- x SSA	Lemo 00 - Microdot
LCRM -188- x SSA	Lemo 00 – Microdot под углом 90°

Кабели с двойным экранированием (DS)

- ❖ Дополнительный заземленный экран обеспечивает низкий уровень шума, улучшая характеристики высокочастотных преобразователей
- ❖ Кабели различной длины с сопротивлением 15 или 25 Ом позволяют оптимизировать характеристики высокочастотной системы

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCM - 74 - x DS	BNC - Microdot
BCM -15 - x DS	BNC - Microdot
BCM -25 - x DS	BNC - Microdot

Кабели с рукояткой

- ❖ Специальная рукоятка длиной 75 мм обеспечивает повышенную прочность кабеля и облегчает манипуляции с ним
- ❖ Можно заказать специальные рукоятки длиной 152 мм, 229 мм и 305 мм

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCMН -74- x	BNC - Microdot
LCMН -74- x	Lemo 00 - Microdot
L1CMН -74 - x	Lemo 1 - Microdot

Кабели с водозащитным разъемом

- ❖ Оснащены специальным разъемом UHF, обеспечивающим защиту от проникновения воды при погружении в чистую воду на глубину до 50 м

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCM-74- x W	BNC - Microdot
BCRM -74- x W	BNC – Microdot под углом 90°
BCT-74- x W	BNC - TNC
BCU-58- x W	BNC - UHF
BCU-62- x W	BNC - UHF
BCU-74- x W	BNC - UHF
LCM-74- x W	Lemo 00 - Microdot
LCU-74- x W	Lemo 00 - UHF
L1CU-74- x W	Lemo 1 - UHF

Переходники

Номер по каталогу	Разъем
F108	Вилочный UHF под углом 90° - розеточный UHF, водозащитный
F195	Вилочный UHF под углом 45° – розеточный UHF
F202	Активный вилочный UHF – пассивный розеточный UHF/активный розеточный Microdot под углом 90° (см. стр. 21)
F206	UHF - фланец
F267	Вилочный UHF под углом 90° - розеточный UHF, водозащитный
BF- BF	Розеточный BNC – розеточный BNC
BM-BM	Вилочный BNC – вилочный BNC
BM- UF	Вилочный BNC – розеточный UHF
L1F- BM	Розеточный Lemo 1 – вилочный BNC
L1M-BF	Вилочный Lemo 1 – розеточный BNC
LM-BF	Вилочный Lemo 00 – розеточный BNC
LF- BM	Розеточный Lemo 00 – вилочный BNC
MM- UMW	Вилочный Microdot – вилочный UHF, водозащитный
UM-BF	Вилочный UHF – розеточный BNC
LF- UM	Розеточный Lemo 00 – вилочный UHF
MM- UFW	Вилочный Microdot – розеточный UHF, водозащитный



Кабели с двойными разъемами

- ❖ Имеют по два разъема на обоих концах для подключения раздельно-совмещенных преобразователей

Номер кабеля по каталогу	Разъем	Совместим с
BCMD -74-6 LCMD -74-6 L1CMD -74-6	Двойной BNC - Microdot Двойной Lemo 00 - Microdot Двойной Lemo 1 - Microdot	Стандартным раздельно-совмещенным преобразователем
BCMD-316-5B L1CMD-316-5B	Двойной BNC - Microdot Двойной Lemo 1 - Microdot	Преобразователем D790-SM
BCMD-316-5F L1CMD-316-5F	Двойной BNC - Microdot Двойной Lemo 1 - Microdot	Раздельно-совмещенным преобразователем DHC
BCLPD-78-5 L1CLPD-78-5	Двойной BNC - Lepra Con Двойной Lemo 1 - Lepra Con	Преобразователем MTD-705
LCMD-316-5B LCMD-316-5C LCMD-316-5D LCMD-178-5BSSA LCLPD-78-5	Для толщиномеров серий 26 и 36	D790-SM D791-RM D797-SM D790-SM MTD-705
BCSD -74-6 LCSD -74-6	Двойной BNC - Sealelectro Двойной Lemo 00 - Sealelectro	D769 и D770

Кабели с жакетом из нержавеющей стали с ПХВ покрытием, рассчитанные на эксплуатацию в неблагоприятных условиях (HDAP)

- ❖ Спиральный жакет из нержавеющей стали с внешним твердым ПХВ покрытием делает этот кабель очень прочным

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCB-188- x HDAP	BNC - BNC
BCM-188- x HDAP	BNC - Microdot
BCU-188- x HDAP	BNC - UHF
LCB-188- x HDAP	Lemo 00 - BNC
LCM-188- x HDAP	Lemo 00 - Microdot

Сверхгибкие кабели с жакетом из нержавеющей стали с силиконовым покрытием, рассчитанные на эксплуатацию в неблагоприятных условиях (HDAS)

- ❖ Жакет из нержавеющей стали с внешним силиконовым покрытием делает этот кабель прочным, сохраняя его гибкость

Номер кабеля по каталогу	Разъем
BCB-188- x HDAS	BNC - BNC
BCM -188- x HDAS	BNC - Microdot
BCU-188- x HDAS	BNC - UHF
LCB-188- x HDAS	Lemo 00 - BNC
LCM -188- x HDAS	Lemo 00 - Microdot

Открытые локальные иммерсионные ванны, контактные жидкости

Открытые локальные иммерсионные ванны

- ❖ Позволяют проводить иммерсионный контроль, когда полное погружение объекта контроля в воду нежелательно или невозможно
- ❖ Предназначены для поддержания постоянного потока воды небольшого объема

Номер по каталогу	Отверстие	Путь воды	Тип преобразователя
MPF- B-0.5	7.6 мм	25.4 мм	Используется со стандартными иммерсионными преобразователями с размерами пьезоэлементов 3 мм и 6 мм
B103*	8.9 мм	19.9 мм	То же
B103A*	8.9 мм	12.1 мм	То же
B103W*	14 мм	19.7 мм	Подходит к стандартному иммерсионному преобразователю с размером пьезоэлемента 10 мм и 13 мм
B103AW*	14 мм	12.1 мм	То же
B116	2.5 мм	Измен., минимум 1.9 мм	Используется с преобразователем типа SU/RM (см. стр. 21)
B117	34.3 мм	35.6 мм	Используется с иммерсионным преобразователем с пьезоэлементом большого размера (25.4мм)

Примечание: Иммерсионные ванны B103 и B103W являются V-образными, иммерсионные ванны B103A и B103 AW являются плоскими. Локальные открытые ванны всех четырех типов могут быть использованы с иммерсионной ванной производства компании Panametrics RBS-1 с системой рециркуляции воды.



Контактные жидкости для ультразвуковых преобразователей

Номер по каталогу	Описание	Объем	Применение
A2	Пропиленгликоль	0.06 литра	Контактная жидкость общего назначения для гладких поверхностей
AP	Пропиленгликоль	0.47 литра	Химически неактивна, медленно испаряется
AQ	Пропиленгликоль	0.95 литра	Максимальная рекомендуемая температура составляет 90°C
AG	Пропиленгликоль	3.78 литра	
B2	Глицерин	0.47 литра	Контактная жидкость общего назначения, более вязкая и имеющая более высокий акустический импеданс, что делает ее предпочтительной на грубых поверхностях и материалах с высокой степенью рассеяния ультразвука
BQ	Глицерин	0.95 литра	
C2	Силиконовое масло	0.06 литра	Контактная жидкость общего назначения с ингибитором коррозии, не испаряется и не растворяется в воде
D12	Гелевого типа	0.35 литра	Для контроля материалов с грубыми поверхностями, таких как литье в песчаные формы и стекловолокно
DG	Гелевого типа	3.78 литра	Для контроля сварки, потолочных или вертикальных поверхностей
D-5G	Гелевого типа	18.90 литра	
E-2	Сверхвысокотемп.	0.06 литра	Для использования при температуре объектов контроля от 260°C до 540°C
F-2	Среднетемп.	0.06 литра	Для использования при температуре объектов контроля от 0°C до 280°C Остается в стабильной жидкой или пастообразной форме без выкипания
G-2	Среднетемп.	0.06 литра	Для использования при температуре объектов контроля от -12° до 315°C, легко удаляется при высоких температурах Не токсична и биodeградируема
SWC	Поперечной волны	0.12 литра	Для использования с прямыми преобразователями поперечной волны, не токсична, представляет собой органическую субстанцию с очень высокой вязкостью, растворимую в воде

Тестирование преобразователей и документация

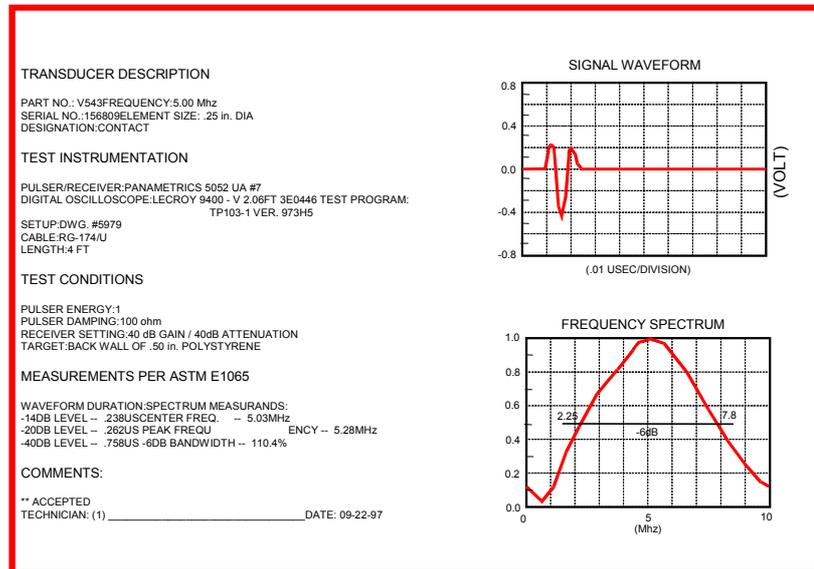
Компания Panametrics является активным лидером в разработке приемов проверки характеристик преобразователей. Представители компании принимали участие в разработке стандартных методов тестирования совмещенных эхо-импульсных ультразвуковых преобразователей (AIUM) и создании руководства стандарта ASTM-E 1065 по оценке характеристик ультразвукового контрольного оборудования. Кроме этого, специалисты компании определяют характеристики преобразователей в соответствии со стандартами AWS, ESI и многими другими промышленными и военными стандартами. Все оборудование в лаборатории тестирования компании преобразователей соответствует требованиям военного

стандарта MIL-C-45662A. Имеется обширная база данных, содержащая записи изображений эхосигналов и спектра каждого преобразователя. Эта информация постоянно обновляется и может быть в любое время вызвана для сравнения или статистического изучения характеристик преобразователей. Лаборатория тестирования компании Panametrics предоставляет заказчикам документацию различного рода, включая изображения эхосигналов и анализ спектра, осевые или поперечные профили луча, результаты измерения отклонения луча и графики акустического импеданса. При необходимости получения информации о проведении специального тестирования свяжитесь с представителем компании Panametrics.

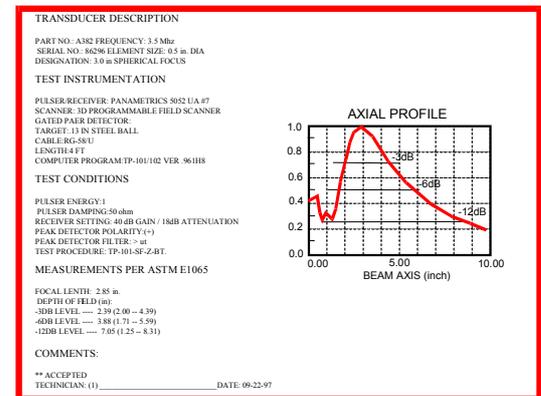
Отчеты о стандартном тестировании (TP103)

Отчет о стандартном тестировании TP103 прилагается бесплатно при поставке каждого преобразователя Accuscan или Videoscan. Этот отчет содержит запись реальных недетектированных эхосигналов и частотного спектра каждого преобразователя. В ней также содержатся результаты измерения максимальной и центральной частоты, верхней и нижней частот на уровне -6 дБ, ширины полосы пропускания и длительности эхосигналов, представленных в виде таблиц. Эти измерения проводятся в соответствии с требованиями стандарта ASTM-E 1065.

TP103



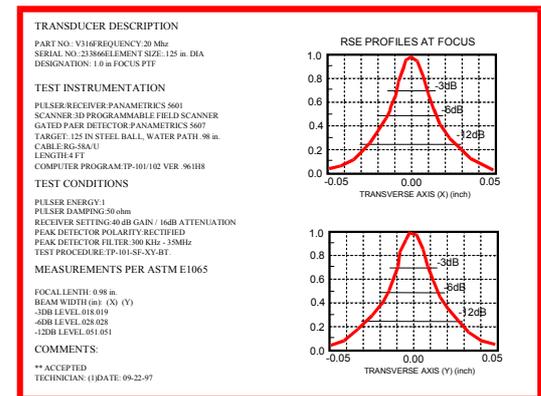
TP101



Информация о профилях луча (TP101 и TP102)

Профили луча представляют собой важную информацию о характеристиках акустического поля преобразователя. Пересекающиеся профили луча формируются в результате сканирования преобразователем объекта контроля (обычно стального шарика или прутка) на определенном расстоянии от рабочей поверхности преобразователя и используются для определения размера фокусного пятна и симметрии луча. Осевые профили луча формируются в результате записи эхо-импульсной амплитуды акустического поля, как функции расстояния от рабочей поверхности преобразователя, и обеспечивают данными о глубине акустического поля и фокусном расстоянии.

TP102



Графики электрического импеданса (TP104)

Графики электрического импеданса содержат важную информацию о форме и конструкции преобразователя и могут помочь пользователю выбрать преобразователи с похожими электрическими характеристиками, используя несколько источников.

Результаты измерения отклонения луча (TP110A)

Результаты измерения отклонения луча обеспечивают данными об угловом отклонении ультразвукового луча от оси корпуса преобразователя. Эта информация в частности полезна в тех случаях, когда требуется высокая степень уверенности в позиционировании луча в зависимости от механического состояния поверхности объекта контроля.

Технические примечания

Раздел "Технические примечания" содержит краткий обзор ультразвуковых принципов, важных для понимания устройства и применения преобразователей. Раздел "Технические примечания" разбит на следующие подразделы:

1. **ОСНОВНЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРИНЦИПЫ**
2. **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ**
3. **КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**
4. **ОТДЕЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**
5. **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**
6. **КАБЕЛИ**

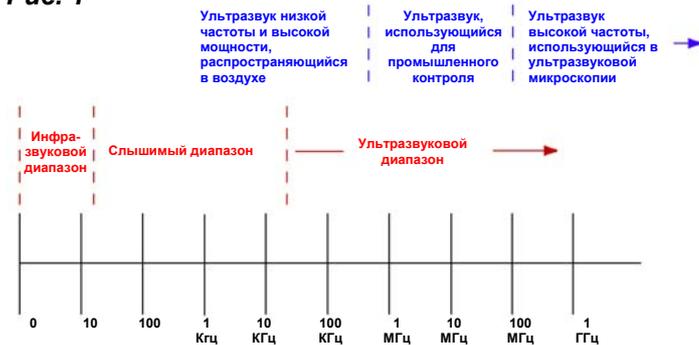
1. ОСНОВНЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРИНЦИПЫ

а. Что такое ультразвук?

Ультразвуком называются неслышимые человеческим ухом упругие звуковые волны, частота которых превышает 20 КГц. Для ультразвукового неразрушающего контроля и измерения толщины обычно используется диапазон частот от 100 КГц до 50 МГц. Хотя ультразвук ведет себя как обычный звук, ультразвуковые волны гораздо короче обычных звуковых волн. Это означает, что ультразвук может отражаться от объектов с очень малой площадью поверхности. Это свойство и позволяет применять ультразвук для неразрушающего контроля материалов.

На рисунке (1) акустический спектр разбит на три диапазона частот. В свою очередь, ультразвуковой диапазон разбит еще на три поддиагона.

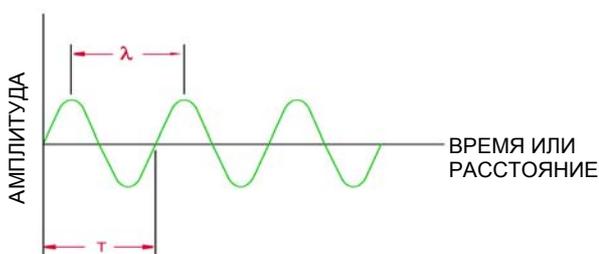
Рис. 1



б. Частота, период и длина волны

Ультразвуковые колебания распространяются в виде волны, аналогично распространению света. Однако в отличие от световых волн, которые могут распространяться в вакууме, звук может распространяться только в упругих средах, таких как жидкости или твердые тела. На рисунке (2) изображены основные параметры непрерывной ультразвуковой волны. Этими параметрами являются длина волны (λ) и период (T) полного цикла (колебания).

Рис. 2



Количество циклов (колебаний) за одну секунду называется частотой (f) и измеряется в герцах (Гц). Кроме этого, широко используются и кратные единицы от герца, как показано в примерах ниже:

- 1 цикл/сек = 1 Гц
- 1000 циклов/сек = 1 КГц
- 1 000 000 циклов/сек = 1 МГц

Время, которое требуется для выполнения полного цикла (колебания), называется периодом T и измеряется в секундах. Отношение между частотой и периодом в непрерывной волне приведено в формуле (1).

$$\text{Формула 1} \quad f = 1/T$$

в. Скорость ультразвука и длина волны

Скорость ультразвука (c) в очень мягких материалах при данной температуре и давлении является постоянной. Соотношение между c , f , λ и T приведено в формулах (2) и (3).

$$\text{Формула 2} \quad \lambda = c/f \quad \text{Формула 3} \quad \lambda = cT$$

λ = Длина волны

c = Скорость ультразвука в материале

f = Частота

T = Период времени

Скорости продольных и поперечных ультразвуковых волн в материалах, контроль которых обычно осуществляется ультразвуком, перечислены в таблице (1) на стр. 40.

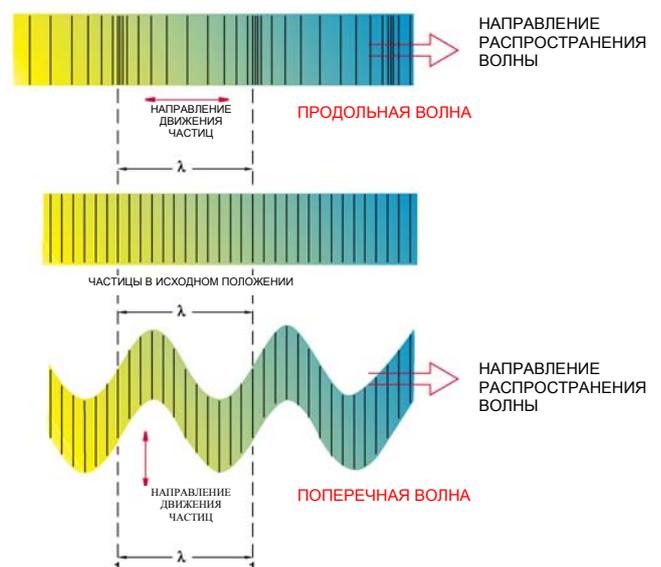
г. Распространение волн и движение частиц

Большинство методов ультразвукового контроля используют продольные или поперечные ультразвуковые волны. Однако существуют и другие способы распространения ультразвука, например, поверхностные волны и волны Лэмба.

- Продольная волна представляет собой волну сжатия, в которой движение частиц осуществляется в том же направлении, что и распространение волны.
- Поперечная волна представляет собой волну, в которой движение частиц перпендикулярно направлению распространения волны.
- Поверхностная волна (волна Релея) распространяется вдоль поверхности материала и сопровождается эллиптическим движением частиц. Скорость этих волн приблизительно составляет 90% от скорости поперечной волны в материале, а глубина проникновения приблизительно равна одной длине волны.
- Плоская волна (волна Лэмба) имеет сложную структуру колебаний и имеет место в материалах, толщина которых меньше длины ультразвуковой волны, распространяющейся в этом материале.

Рисунок (3) представляет собой иллюстрацию движения частиц относительно направления распространения волны для продольных и поперечных волн.

Рис. 3



Технические примечания

д. Применение ультразвука

При ультразвуковом неразрушающем контроле ультразвуковые волны высокой частоты вводятся в объект контроля для получения информации об этом объекте без какого-либо его изменения или разрушения. При ультразвуковом контроле измеряются два основных параметра: время прохождения ультразвука в объекте контроля и амплитуда принимаемого сигнала. Основываясь на скорости и времени прохождения ультразвука туда-обратно в материале, толщина материала может быть рассчитана следующим образом:

Формула 4

$$T = ct_s/2$$

T = Толщина материала
c = Скорость звука в материале
t_s = Время распространения ультразвука

Результаты измерения относительного изменения амплитуды принимаемого сигнала могут быть использованы для определения размера отражателя или установления степени рассеяния ультразвука в материале. Относительное изменение амплитуды сигнала обычно измеряется в децибелах. Значение, выражаемое в децибелах, является логарифмическим значением отношения амплитуд двух сигналов. Это значение может быть рассчитано по формуле (5). Некоторые часто используемые соотношения приводятся в таблице (7) ниже;

Формула 5

$$\text{дБ} = 20 \log_{10}(A_1/A_2)$$

дБ = Децибелы
A₁ = Амплитуда сигнала 1
A₂ = Амплитуда сигнала 2

$\frac{A_1}{A_2}$	Соотношение	дБ
$\frac{100\%}{70,71\%}$	1,4142	3
$\frac{100\%}{50\%}$	2	6
$\frac{100\%}{25\%}$	4	12
$\frac{100\%}{10\%}$	10	20
$\frac{100\%}{1\%}$	100	40

е. Чувствительность и разрешающая способность

- Чувствительность – это способность ультразвуковой системы обнаруживать отражатели (или дефекты) на определенной глубине в материале объекта контроля. Чем больше сигнал, принятый от этих отражателей, тем больше чувствительность системы.
- Лучевая разрешающая способность – это способность ультразвуковой системы производить одновременное и отчетливое обнаружение отражателей, расположенных примерно на одном расстоянии по ходу ультразвукового луча.
- Околоповерхностная разрешающая способность – это способность ультразвуковой системы обнаруживать отражатели, расположенные в непосредственной близости к поверхности объекта контроля.

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ

а. Форма и спектр сигнала преобразователя

Анализ формы и спектра сигнала, генерируемого преобразователем, выполнен в соответствии с требованиями стандарта ASTM E1065. Стандартными единицами измерения частоты являются мегагерцы (МГц), длительности сигнала – микросекунды (мксек) и уровня сигнала – отрицательные децибелы (-дБ) относительно максимума амплитуды. На рисунке (4) изображен сигнал на уровне -14 дБ или 20% от максимальной амплитуды. Длительность сигнала на уровне -40 дБ соответствует 1% от максимальной амплитуды. На рисунке (5) изображены результаты измерения максимальной частоты,

верхней и нижней граничных частот при -6дБ и ширины полосы пропускания в МГц. Отношение между шириной полосы пропускания в МГц и длительностью сигнала показано на рисунке (6). На уровне -40 дБ рассеяние ультразвука больше потому, что задний фронт сигнала в 1% содержит очень малую энергию и, таким образом, не оказывает заметного эффекта на результаты анализа ширины полосы пропускания. Из-за рассеяния лучше всего определять форму сигнала во временной области (микросекунды), а спектра – в частотной области.

Рис. 4



Рис. 5

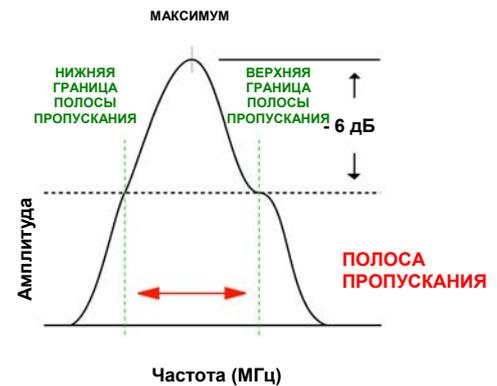
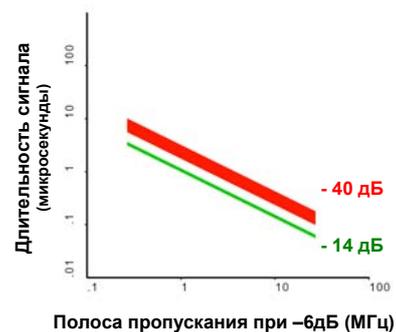


Рис. 6



Приблизительные соотношения, изображенные на рисунке (6), могут быть использованы при выборе преобразователя. Например, требуется определить, какими частотными характеристиками должен обладать преобразователь, если на уровне -14 дБ длительность сигнала должна составлять 1 мксек. Из графика видно, что длительности сигнала, равной 1 мксек при -14 дБ, соответствует полоса частот, равная приблизительно от 1 до 1,2 МГц. Принимая во внимание, что номинальная относительная полоса пропускания преобразователя составляет 50% несущей, получаем среднюю несущую частоту, равную от 2 до 2,4 МГц. Таким образом, в данном случае может быть использован преобразователь с частотой 2,25 МГц или 3,5 МГц.

Технические примечания

б. Акустический импеданс, коэффициент отражения и затухание

Акустический импеданс материала представляет собой противодействие смещению частиц этого материала, вызываемого ультразвуком. Этот параметр встречается во многих формулах. Сам акустический импеданс вычисляется следующим образом:

Формула 6: $Z = \rho c$
 Z = Акустический импеданс
 c = Скорость ультразвука в материале
 ρ = Плотность материала

Граница между двумя материалами с различным акустическим импедансом называется акустической границей сред. Когда ультразвук преодолевает границу сред при нормальном падении, некоторое количество звуковой энергии отражается, а некоторое - передается через эту границу. Потеря энергии в дБ при передаче ультразвукового сигнала из среды 1 в среду 2 вычисляется следующим образом:

Формула 7а: **потеря в дБ = $10 \log_{10} [4Z_1Z_2/(Z_1 + Z_2)^2]$**

Z_1 = Акустический импеданс первого материала
 Z_2 = Акустический импеданс второго материала

Потеря энергии отраженного сигнала в дБ в среде 1, отраженного от границы со средой 2, вычисляется следующим образом:

Формула 7б: **потеря в дБ = $10 \log_{10} [(Z_2 - Z_1)^2/(Z_1 + Z_2)^2]$**

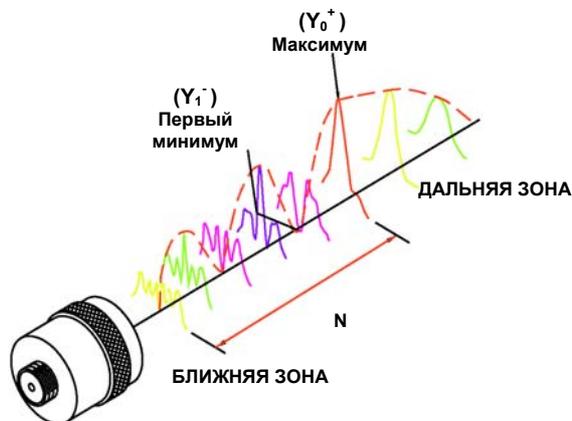
Например: потеря в дБ при передаче ультразвука из воды ($Z = 1,48$) в сталь 1020 ($Z = 45,41$) составляет -9,13 дБ; это значение также является значением потери энергии при передаче ультразвука из стали марки 1020 в воду. Потеря энергии в дБ донного эхосигнала в стали марки 1020, погруженной в воду составляет -0,57 дБ; это значение также является значением потери энергии при передаче эхосигнала из стали марки 1020 в воду. Эхосигнал меняет полярность, если $Z_1 < Z_2$.

Кроме этого, по мере распространения в среде, происходит затухание ультразвука. Даже при отсутствии отражения, имеется три причины затухания: дифракция, рассеяние и поглощение. Степень затухания ультразвука при прохождении через материал играет важную роль при выборе преобразователя в каждом конкретном случае контроля.

в. Акустическое поле

Акустическое поле преобразователя разделено на две зоны: ближнюю и дальнюю. Ближняя зона представляет собой область непосредственно перед преобразователем, где амплитуда эхосигнала проходит серию максимумов и минимумов и заканчивается на последнем максимуме, расположенном на расстоянии N от преобразователя.

Рис. 7



Расстояние до последнего максимума называется глубиной ближней зоны (N или Y_0^+) и представляет собой естественный фокус преобразователя. Дальняя зона представляет собой область за расстоянием N , где давление акустического поля постепенно падает до нуля. Из-за колебаний в ближней зоне

может оказаться затруднительным точно оценить дефекты, используя приемы, основывающиеся на измерении амплитуды. Глубина ближней зоны зависит от частоты преобразователя, размера пьезоэлемента и скорости звука в материале объекта контроля, как показано в формуле 8:

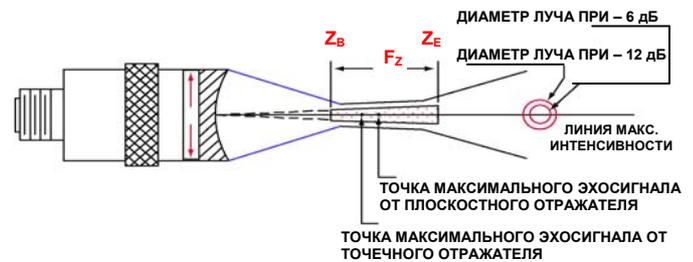
Формула 8: $N = D^2 f / 4c$
 Формула 8а: $N = D^2 / 4\lambda$
 N = Глубина ближней зоны
 D = Размер пьезоэлемента
 f = Частота
 c = Скорость ультразвука в материале
 λ = Длина волны

(Таблица 2 на стр. 40 содержит значения глубин ближней зоны в воде для большого количества сочетаний частоты преобразователя и размера пьезоэлемента.)

г. Другие параметры ультразвукового луча

Существуют и другие параметры акустического поля, которые используются при описании характеристик преобразователя. Для определения соответствия преобразователя конкретным условиям контроля, кроме характеристик ближней зоны акустического поля, может потребоваться знание диаметра ультразвукового луча и глубины фокусной зоны. Графически эти параметры изображены на рисунке (8).

Рис. 8



Z_B = Начало фокусной зоны
 F_Z = Фокусная зона
 Z_E = Конец фокусной зоны
 D = Размер пьезоэлемента

Диаметр ультразвукового луча

На чувствительность преобразователя влияет диаметр ультразвукового луча в интересующей точке. Чем меньше диаметр луча, тем большее количество энергии отражается от дефекта. Диаметр луча в фокусе при -6 дБ вычисляется по формулам 9 и 9а. Для плоского преобразователя с плоской контактной поверхностью используется формула 9 с $S_F = 1$.

Формула 9: **BD (-6 дБ) = $1,02Fc/fD$**

Формула 9а: **BD (-6 дБ) = $0,2568DS_F$**

BD = Диаметр луча
 F = Фокусное расстояние
 c = Скорость ультразвука в материале
 f = Частота
 D = Размер пьезоэлемента
 S_F = Нормализованное фокусное расстояние (формула 14)

Фокусная зона

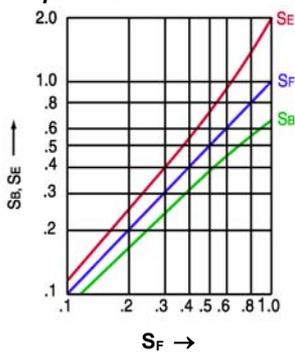
Начальная и конечная точки фокусной зоны расположены там, где осевая амплитуда сигнала падает до уровня -6 дБ амплитуды в фокусной точке. Расчет глубины фокусной зоны производится по формуле (10):

Формула 10: **$F_Z = N * S_F^2 / [2(1 + .5S_F)]$**

F_Z = Фокусная зона
 N = Ближняя зона
 S_F = Нормализованное фокусное расстояние

На рисунке (9) изображены нормализованные начальная и конечная точки фокусной зоны при -6 дБ в соотношении с коэффициентом фокусировки.

Рис. 9
Фокусная зона при -6дБ

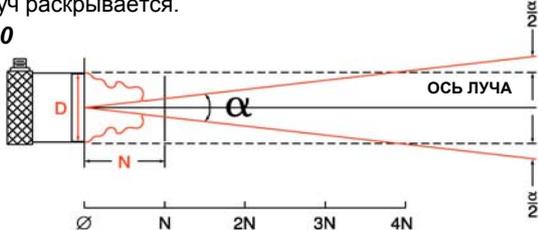


Нормализованные начальная и конечная точки фокусной зоны при -6дБ, полученные в результате измерения амплитуды эхосигнала от шарика малого размера

Раскрытие ультразвукового луча и половинный угол

Все ультразвуковые лучи расширяются или "раскрываются". Другими словами, все преобразователи имеют раскрытие ультразвукового луча. На рисунке (10) изображена схема звукового луча преобразователя с плоской контактной поверхностью. В ближней зоне акустического поля ультразвуковой луч имеет сложную тонкую форму. В дальней зоне луч раскрывается.

Рис. 10



Как видно из рисунка (10), для нефокусирующих преобразователей угол раскрытия луча при -6 дБ вычисляется по следующей формуле:

Формула 11 $\sin(\alpha/2) = .514c/fD$
 $\alpha/2$ = Половинный угол основного лепестка диаграммы направленности

Из этой формулы видно, что расширение луча от преобразователя может быть уменьшено выбором преобразователя с более высокой частотой или активным элементом большего размера, а также с одним и с другим одновременно.

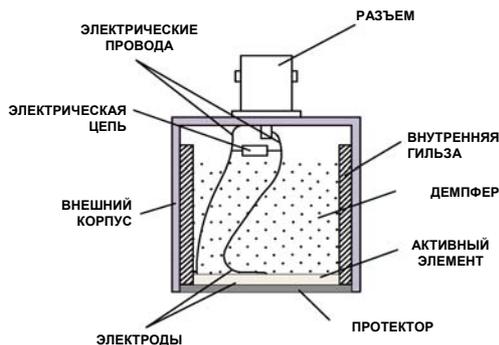
3. КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

а. Что представляет собой ультразвуковой преобразователь?

Преобразователем называется любое устройство, которое преобразует один вид энергии в другой. Ультразвуковой преобразователь преобразует электрическую энергию в механическую (ультразвук) и наоборот.

Основными конструктивными элементами преобразователя являются: активный элемент (пьезоэлемент), демпфер и протектор.

Рис. 11



б. Активный элемент

Активный элемент, который выполнен из пьезо- или ферроэлектрического материала, преобразует электрическую энергию зондирующего импульса, поступающего с дефектоскопа в ультразвуковую энергию.

Большинство широко используемых материалов представляет собой поляризованную керамику, которая может иметь срез, форма которого обеспечивает образование ультразвуковых волн различного типа. Новые материалы, такие как пьезокристаллы и композиты могут использоваться там, где они обеспечивают преимущество в характеристиках преобразователя и системы.

в. Демпфер

Демпфер представляет собой материал с высокой плотностью, который используется для уменьшения вибрации преобразователя за счет поглощения энергии, излучаемой тыльной стороной активного элемента. Когда акустический импеданс демпфера соответствует акустическому импедансу активного элемента, преобразователь обладает высокой степенью демпфирования. Преобразователи этого типа имеют хорошую разрешающую способность, хотя и малую амплитуду сигнала. Если есть различия акустического импеданса активного элемента и демпфера, большая часть ультразвуковой энергии отражается в материал объекта контроля. В результате этого снижается разрешающая способность преобразователя из-за увеличения длительности сигнала, но в то же время возрастает амплитуда сигнала, что приводит к большей чувствительности.

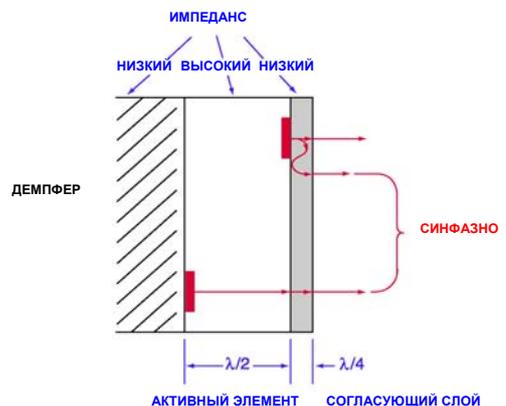
г. Протектор

Основная задача протектора преобразователя – защищать активный элемент от воздействия материала объекта контроля. У контактных преобразователей протектор должен быть выполнен из прочного противокоррозионного материала, обеспечивающего противодействие износу при использовании преобразователя на таких материалах, как сталь.

У иммерсионных преобразователей, наклонных преобразователей и преобразователей с линией задержки протектор играет дополнительную роль: он служит акустическим согласующим слоем между активным элементом с высоким акустическим импедансом и водой, материалами призмы или линией задержки, которые имеют более низкий акустический импеданс. Согласующий слой имеет толщину, равную $1/4$ длины ультразвуковой волны ($\lambda/4$), и необходимый акустический импеданс (активный элемент обычно имеет толщину, равную $1/2$ длины ультразвуковой волны). Выбор толщины протектора основан на принципе суперпозиции, который позволяет волнам, генерируемым активным элементом, совпадать по фазе с волной, отражающейся в согласующем слое, как изображено на рисунке (4).

Когда сигналы распространяются синфазно (совпадают по фазе), их амплитуды дополняют друг друга. Таким образом, в объект контроля входит волна с большей амплитудой. На рисунке (12) изображены активный элемент и протектор, обеспечивающие совпадение амплитуд по фазе. Несинфазные сигналы приводят к нарушению целостности ультразвуковой волны.

Рис. 12



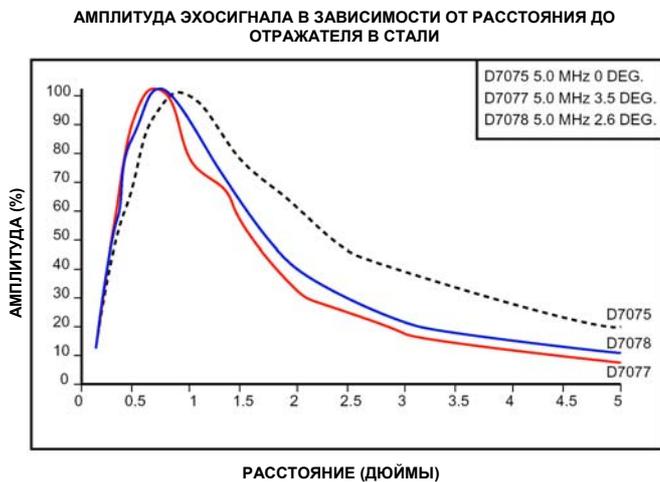
4. ОТДЕЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

а. Раздельно-совмещенные преобразователи

В раздельно-совмещенных преобразователях используются отдельные излучающий и приемный пьезоэлементы. Они устанавливаются на линиях задержки, которые обычно расположены под углом друг к другу (см. схему на странице 6). Такая конструкция позволяет улучшить околоповерхностную разрешающую способность, устраняя проблемы, связанные с восстановлением чувствительности прибора после прохождения зондирующего импульса. Кроме этого, такая конструкция, создающая пересекающиеся ультразвуковые лучи, обеспечивает псевдофокус, который делает раздельно-совмещенные преобразователи более чувствительными к эхосигналам от геометрически неправильных отражателей, таких как коррозия и изъязвление.

Конструкция раздельно-совмещенных преобразователей с двумя пьезоэлементами строго определяется кривой зависимости амплитуды эхосигнала от расстояния до отражателя по лучу. В целом, уменьшение угла схождения ультразвуковых лучей или увеличение размера пьезоэлемента приводит к увеличению псевдофокусного расстояния и увеличению полезного диапазона, как изображено на рисунке (13).

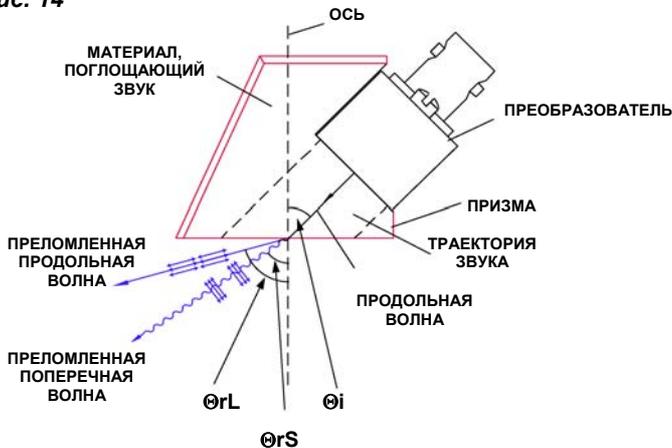
Рис. 13



б. Наклонные преобразователи

В основе работы наклонных преобразователей лежит явление преломления и трансформации одного вида ультразвуковой волны в другой для образования поперечной или продольной ультразвуковой волны в объекте контроля, как изображено на рисунке (14).

Рис. 14



Угол ввода, обеспечивающий необходимое преломление ультразвуковой волны (например, 45° поперечной волны в стали), может быть определен в соответствии с законом Снеллиуса по формуле (12). Из-за расширения ультразвукового

луча это уравнение не применяется для преобразователей с низкими частотами и малыми размерами пьезоэлемента. Для получения дополнительной информации по этому вопросу свяжитесь с представителем компании Panametrics.

Уравнение 12:

$$\sin \Theta_i / c_i = \sin \Theta_{rL} / c_{rL} = \sin \Theta_{rS} / c_{rS}$$

Θ_i = Угол ввода призмы

Θ_{rL} = Угол ввода продольной волны

Θ_{rS} = Угол ввода поперечной волны

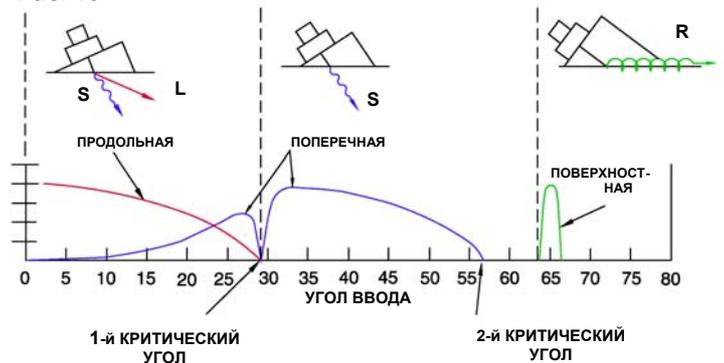
c_i = Скорость ультразвука в материале ввода (продольная волна)

c_{rL} = Скорость ультразвука в материале (продольная волна)

c_{rS} = Скорость ультразвука в материале объекта контроля (поперечная волна)

На рисунке (15) изображено соотношение между углом ввода и относительными амплитудами отраженных или трансформированных из одного вида в другой продольных, поперечных и поверхностных волн, которые могут быть переданы из пластмассовой призмы в сталь.

Рис. 15



Наклонные преобразователи обычно используются для определения положения и/или размеров дефектов, которые ориентированы непараллельно к поверхности объекта контроля. Далее приведены основные понятия и формулы, используемые при определении местоположения дефекта.

Рис. 16



Θ_R = Угол преломления

$$\text{Участок} = \frac{T}{\cos \Theta_R}$$

T = Толщина

$$V\text{-образн. траект.} = \frac{2T}{\cos \Theta_R}$$

$$\text{Расстояние до отражателя} = 2T \times \text{tg } \Theta_R$$



Расстояние по поверхности = $\sin \Theta_R$ x расстояние по лучу

Глубина (1-й участок) = $\cos \Theta_R$ x расстояние по лучу

Глубина (2-й участок) = $2T - [\cos \Theta_R \times \text{расстояние по лучу}]$

Технические примечания

В большинстве случаев контроль по стандартам AWS выполняется с использованием преломленных поперечных волн. Однако при контроле крупнозернистых материалов, таких как аустенитная сталь, для получения успешных результатов может потребоваться использование преломленных продольных волн или других приемов, связанных с применением наклонного ультразвукового луча.

в. Преобразователи с линией задержки

Преобразователи с линией задержки представляют собой совмещенные преобразователи продольной волны, используемые вместе со сменной линией задержки.

Одной из причин выбора преобразователей с линией задержки является необходимость улучшить околоповерхностную разрешающую способность. Линия задержки позволяет погасить колебания активного элемента перед приемом отраженного сигнала. При использовании преобразователей с линией задержки важно учитывать появление многократных эхосигналов от конца линии задержки.

Преобразователи с линией задержки также используются в случаях, когда материал объекта контроля имеет повышенную температуру. Высокотемпературные линии задержки, перечисленные в данном каталоге (стр. 13, 15), не рассчитаны на постоянный контакт с объектом контроля. Их можно использовать только с прерывистым контактом.

г. Иммерсионные преобразователи

Иммерсионные преобразователи имеют три основных преимущества перед контактными преобразователями:

- Равномерный контакт, уменьшающий колебания чувствительности;
- Уменьшение времени сканирования благодаря автоматическому сканированию;
- Фокусировка иммерсионных преобразователей увеличивает чувствительность к отражателям малого размера.

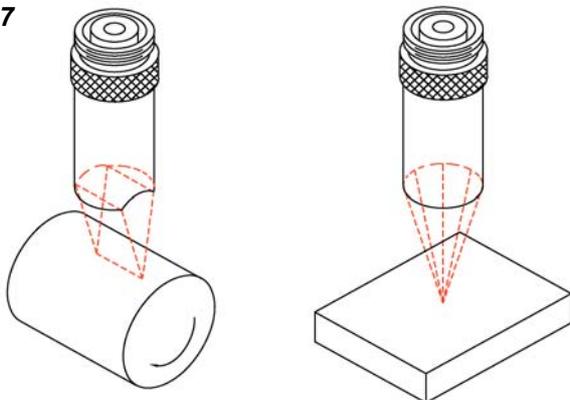
Фокусировка

Иммерсионные преобразователи выпускаются в трех различных конфигурациях: нефокусирующие ("плоские"), фокусирующие сферически ("в точку") и фокусирующие цилиндрически ("в линию"). Фокусировка обеспечивается установкой линз или изменением кривизны самого активного элемента.

Использование линз является наиболее распространенным способом фокусировки преобразователей.

Нефокусирующие преобразователи могут быть использованы при контроле общего характера, обеспечивая проникновение ультразвука в толстые объекты контроля. Сферически фокусирующие преобразователи обычно используются для повышения чувствительности к отражателям малого размера, а цилиндрически фокусирующие преобразователи - для контроля труб или прутков. Примеры сферической и цилиндрической фокусировки изображены на рисунке (17).

Рис. 17



цилиндрический фокус

сферический фокус

По определению, фокусным расстоянием преобразователя называется расстояние от рабочей поверхности преобразователя до точки в акустическом поле, в которой сигнал преобразователя имеет наибольшую амплитуду. У нефокусирующего преобразователя фокусное расстояние приблизительно равно

глубине ближней зоны. Поэтому преобразователи этого типа не могут быть акустически сфокусированы на расстояние, превышающее глубину ближней зоны.

При выборе преобразователя необходимо выяснить тип фокуса (сферический или цилиндрический), фокусное расстояние и вид объекта фокусировки (точка или плоская поверхность).

Основываясь на этой информации, можно рассчитать радиус кривизны линзы, который меняется в зависимости от значений вышеперечисленных параметров. При контроле измеренное фокусное расстояние будет зависеть от вида объекта фокусировки.

Существуют ограничения фокусного расстояния для преобразователей с определенной комбинацией частота/размер активного элемента, а также вида объекта фокусировки.

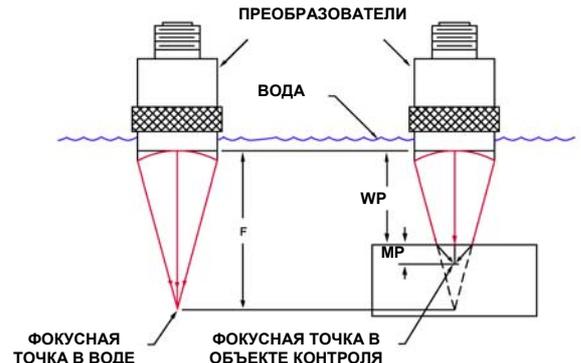
Максимальное практическое фокусное расстояние при фокусировке на точку составляет 0,8 от глубины ближней зоны. Преобразователи с фокусным расстоянием, превышающим эти максимумы, но меньшим, чем глубина ближней зоны, называются слабофокусными. Другими словами, фокусирующий преобразователь может не иметь преимуществ по этим характеристикам сравнительно с нефокусирующим. Кроме ограничений по максимальным фокусным расстояниям, имеются ограничения по минимальным фокусным расстояниям. Эти ограничения обычно имеют место из-за механических характеристик преобразователя.

В таблице 2 на стр. 40 перечислены глубины ближней зоны и практические минимальные и максимальные фокусные расстояния для обычных сочетаний частота/размер активного элемента. Для получения более подробной информации проконсультируйтесь с представителем компании Panametrics.

Изменение фокусного расстояния в зависимости от скорости ультразвука в материале и геометрии объекта контроля

Реальное фокусное расстояние преобразователя зависит от материала объекта контроля. Это происходит потому, что в различных материалах ультразвук распространяется с различной скоростью. Определение фокусного расстояния преобразователя обычно производится в воде. Так как в большинстве материалов ультразвук имеет более высокую скорость, чем в воде, фокусное расстояние в этих материалах соответственно уменьшается. Этот эффект вызывается преломлением (согласно закону Снеллиуса). Он проиллюстрирован на рисунке (18).

Рис. 18



Это изменение фокусного расстояния может быть заранее рассчитано по формуле 13. Например, при известном фокусном расстоянии и длине траектории ультразвука, это уравнение может быть использовано для определения соответствующей длины траектории ультразвука в воде для компенсации эффекта фокусировки в материале объекта контроля.

Формула 13: $WP = F - MP(c_{tm}/c_w)$

WP = Длина траектории ультразвука в воде

MP = Длина траектории ультразвука в материале

F = Фокусное расстояние в воде

c_{tm} = Скорость ультразвука в материале объекта контроля

c_w = Скорость ультразвука в воде

Технические примечания

Кроме этого, на фокусировку может влиять кривизна поверхности объекта контроля. В зависимости от того, является поверхность ввода вогнутой или выпнутой, ультразвуковой луч может сужаться более быстро, чем при плоской поверхности ввода. Ультразвуковой луч также может расширяться, что приводит к потере фокусировки.

Усиление фокусировки

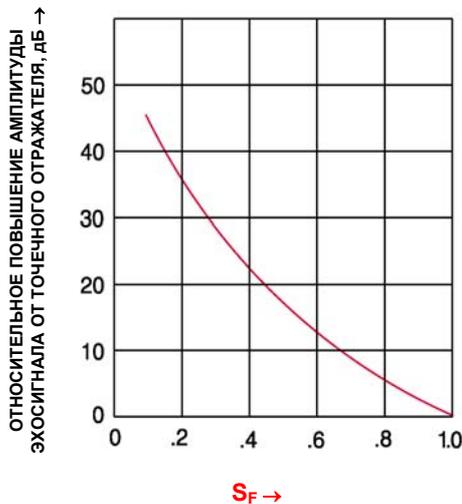
Для фокусировки иммерсионных преобразователей используются акустические линзы. Они позволяют эффективно устанавливать глубину ближней зоны (Y_0^+) перед рабочей поверхностью преобразователя, значительно повышая его чувствительность. На рисунке (19) изображено относительное повышение амплитуды эхосигнала от дефектов малых размеров, зависящее от фокусировки, где S_F представляет собой нормализованное фокусное расстояние, рассчитываемое по формуле (14). Амплитуда эхосигнала от дефекта малого размера не может превышать амплитуду эхосигнала от плоскости.

Формула 14

$$S_F = F/N$$

S_F = Нормализованное фокусное расстояние
 F = Фокусное расстояние
 N = Глубина ближней зоны

Рис. 19



Например, этот график может быть использован для определения степени повышения осевой эхо-импульсной чувствительности преобразователя с частотой 2,25 МГц и размером пьезоэлемента 25 мм, который сфокусирован на 100^1 мм. Глубина ближней зоны этого преобразователя составляет 243 мм, а нормализованное фокусное расстояние составляет 0,4 (100 мм/243 мм). Из схемы может быть видно, что это результат увеличения чувствительности приблизительно 21 дБ. Усиление при цилиндрической фокусировке (дБ) как правило составляет $\frac{3}{4}$ усиления при сферической фокусировке.

д. Прямые преобразователи поперечной волны

Прямые преобразователи поперечной волны оснащены пьезокристаллическим элементом, генерирующим поперечную ультразвуковую волну в корпусе контактного преобразователя. В отличие от наклонных преобразователей, которые обеспечивают возникновение поперечной ультразвуковой волны в материале контроля за счет преломления, в данном случае поперечная волна генерируется самим пьезоэлектрическим элементом преобразователя.

Обычно эти преобразователи используются для измерения скорости поперечной ультразвуковой волны в материале объекта контроля. Результаты этих измерений, как и результаты измерения скорости продольной ультразвуковой волны, могут быть использованы при расчете коэффициента Пуассона, модуля упругости и модуля сдвига. Эти формулы для справки приведены ниже:

Формула 15

$$\sigma = \frac{1-2(V_T/V_L)^2}{1-2(V_T/V_L)^2}$$

Формула 16

$$E = \frac{V_L^2 \rho (1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}{(1 - \sigma)}$$

Формула 17

$$G = V_T^2 \rho$$

σ = Коэффициент Пуассона
 V_L = Скорость продольной волны
 V_T = Скорость поперечной волны
 ρ = Плотность материала
 E = Модуль упругости
 G = Модуль сдвига

Из-за того, что поперечные волны не распространяются в жидкостях, при проведении измерений с преобразователями этого типа необходимо использовать очень вязкие контактные жидкости. При использовании преобразователей этого типа в режиме сквозного прозвучивания важно, чтобы полярность обоих преобразователей была направлена по одной линии. Если полярность преобразователей расходится на 90° , сигнал с передающего преобразователя не воспринимается принимающим преобразователем.

5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Как правило, возбуждение пьезоэлемента всех преобразователей Panametrics осуществляется генератором отрицательных импульсов ударного возбуждения. Максимальное напряжение возбуждения зондирующего импульса не должно превышать приблизительно 1500 В на миллиметр толщины пьезоэлемента. Низкочастотные преобразователи оснащены пьезоэлементами с большой толщиной, а высокочастотные – пьезоэлементами с малой толщиной. Для преобразователей с частотой 5,0 МГц и ниже могут использоваться отрицательные импульсы с коротким временем нарастания и с напряжением возбуждения 600 В. Для преобразователей с частотой 10 МГц напряжение возбуждения в два раза меньше и составляет 300 В. Кроме этого, возбуждение может производиться генераторами прямоугольных импульсов или затухающей гармонической волны. Однако, при использовании этих типов возбуждения необходимо учитывать два ограничения. Во-первых, среднее значение мощности импульса, подаваемого на преобразователь, не должно превышать 125 мВт, чтобы избежать перегрева преобразователя и деполяризации пьезокристалла. Так как средняя мощность зависит от ряда факторов, таких как напряжение, коэффициент заполнения импульса и электрический импеданс преобразователя, для расчета максимальной длительности возбуждения и коэффициента заполнения импульса могут быть использованы следующие формулы. Эти формулы позволяют рассчитать пределы общей мощности.

Формула 18

$$V_{rms} = 1/2(0,707)V_p - p$$

Формула 19

$$P_{tot} = \frac{(Козф. заплн.) (V_{rms})^2 \cos(\text{фаз. угол})}{Z}$$

Формула 20

$$\text{Кол-во циклов в импульсе} = \frac{(\text{Част.})(К. заплн.)}{\text{Частота повтор.}}$$

Ниже приводится пример того, как использовать вышеприведенные формулы для расчета коэффициента заполнения и количества циклов для преобразователя V310-SU.

V310-SU

5,0 МГц, размер пьезоэлемента 6 мм, нефокусирующий

Допустим:

100 В максимум-максимум
 Номинальный импеданс 50 Ом на входном импедансе преобразователя. (Примечание: Это значение будет варьироваться у разных преобразователей и должно быть измерено. При необходимости график импеданса может быть заказан в комплекте поставки.)
 Фазовый угол -45°
 Частота повторения 5 КГц

¹⁾ Примечание: на графике указаны дюймы.

Технические примечания

Шаг 1: Рассчитать V_{rms}
 $V_{rms} = 1/2(0,707)V_p$
 $V_{rms} = 1/2(0,707)(100) = 35,35$ Вольт

Шаг 2: Измените формулу (19) для расчета коэффициента заполнения. Используйте 0,125 Вт как P_{tot} т.е. максимум, рекомендованный для любого преобразователя

$$\begin{aligned} \text{Коеф. заполнения} &= Z * P_{tot} / (V_{rms})^2 * \cos(\text{фазовый угол}) \\ &= (50)(0,125) / (35,35)^2 * (\cos -45^\circ) \\ &= 0,007 \end{aligned}$$

Это число означает 7 миллисекунд возбуждения на каждые 1000 миллисекунд.

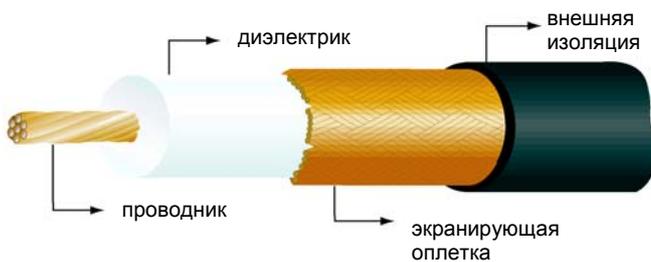
Шаг 3: Количество циклов в импульсе теперь может быть рассчитано по формуле (20).

$$\begin{aligned} \text{Кол-во циклов в импульсе} &= (\text{Част.}) (\text{Коеф. заплн.}) / \text{Частота повт.} \\ &= (5 * 10^6) * (0,007) / (5 * 10^3) \\ &= 7 \end{aligned}$$

6. КАБЕЛИ

Кабель состоит из трех основных компонентов. Этот проводник, диэлектрик и экранирующая оплетка. Эти компоненты заключены во внешнюю изоляцию. На рисунке (20) изображен продольный разрез стандартного кабеля. Проводник используется как положительное соединение кабеля, а экранирующая оплетка – как заземление. Диэлектрик изолирует проводник и экранирующую оплетку.

Рис. 20



Большинство кабелей имеют один слой экранирующей оплетки. Однако, для обеспечения лучшей защиты от электронных помех, некоторые кабели выпускаются с двойным слоем экранирующей оплетки.

Ниже приводится перечень стандартных типов кабелей, поставляемых компанией Panametrics:

Тип	Класс	Импеданс	Диаметр
15	С низким сопротивлением	15 Ом	3 мм
25	С низким сопротивлением	25 Ом	2,5 мм
58	RG58/U	50 Ом	5 мм
62	RG62/U	93 Ом	6 мм
74	RG174/U	50 Ом	3 мм
188	RG188/U	50 Ом	3 мм
316	RG316/U	50 Ом	-

RG/U является аббревиатурой английского военного термина "radio guide, universal" (защищенный от радиопомех, универсальный). RG означает коаксиальный кабель, а U – общего назначения. Большинство кабелей, использующихся в системах ультразвукового неразрушающего контроля, имеют военные номера, следующие за обозначением RG, которые обозначают материалы, размеры и электрические характеристики кабелей.

Сопротивление коаксиального кабеля определяется отношением внутреннего диаметра внешнего проводника (D) к внешнему диаметру внутреннего проводника (d) и диэлектрической постоянной (E) изолирующего материала между проводниками

$$\text{Уравнение 21} \quad \text{Сопротивление } (Z_0) = \frac{138}{\sqrt{E}} \log(D/d) \Omega$$

Сопротивление также может быть рассчитано через емкостное сопротивление (C) и индуктивность (L) на единицу длины кабеля

$$\text{Уравнение 22} \quad \text{Сопротивление } (Z_0) = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Наиболее распространенные значения для коаксиальных кабелей составляют 50 Ом, 75 Ом и 95 Ом. Имейте в виду, что реальное входное сопротивление при конкретной частоте может несколько отличаться от сопротивления, заявленного в характеристиках из-за импеданса источника и нагрузки. В ультразвуковой акустике при передаче сигнала источником является генератор, а нагрузкой – преобразователь. При приеме же сигнала источником является преобразователь, а нагрузкой – приемник. Общее сопротивление генератора и преобразователей отразит некоторое количество электрической энергии на каждом конце кабеля. Объем отражения определяется длиной кабеля, частотой недетектированного сигнала, а также электрическим сопротивлением кабеля и его оконечными устройствами.

В ультразвуковом неразрушающем контроле эффект кабеля в большинстве случаев практически определяется экспериментальным путем с использованием коротких и длинных кабелей, кабелей с различным сопротивлением и установкой 50-омного переходного аттенюатора в разъем генератора/приемника.

Самую последнюю информацию от компании Panametrics во всемирной сети вы можете получить на сайте www.diagnost.ru. На этом сайте размещается информация о приборах ультразвукового контроля, преобразователях и более подробные сведения об условиях их применения, а также перечни комплектующих с указанием цен и техническая документация.

Таблица 1
Акустические свойства материалов

Материал	Скорость продольной волны	Скорость поперечной волны	Акустический импеданс (кг/м ² сек x 10 ⁶)
	(м/сек)	(м/сек)	
Акриловая резина (Pegsrex®)	2,730	1,430	3,22
Алюминий	6,320	3,130	17,06
Бериллий	12,900	8,880	23,5
Латунь, морская	4,430	2,120	37,30
Кадмий	2,780	1,500	24,02
Ниобий	4,920	2,100	42,16
Медь	4,660	2,260	41,61
Глицерин	1,920	—	2,42
Золото	3,240	1,200	62,60
Инконел®	5,820	3,020	49,47
(Жаропрочный и жаростойкий сплав на никелевой основе)			
Железо	5,900	3,230	45,43
Чугун (с малой скоростью)	3,500	2,200	25,00
(с высокой скоростью)	5,600	3,220	40,00
Свинец	2,160	700	24,49
Марганец	4,660	2,350	34,44
Ртуть	1,450	—	19,66
Молибден	6,250	3,350	63,75
Моторное масло (SAE 20 или 30)	1,740	—	1,51
Никель, чистый	5,630	2,960	49,99
Платина	3,960	1,670	84,74
Полиамид (найлон, Perlon®)			
(с малой скоростью)	2,200	1,100	2,40
(с высокой скоростью)	2,600	1,200	3,10
Полистирол	2,340	—	2,47
Поливинилхлорид (ПВХ), жесткий	2,395	1,060	3,35
Серебро	3,600	1,590	37,76
Сталь, 1020	5,890	3,240	45,63
Сталь, 4340	5,850	3,240	45,63
Сталь марки 302, аустенитная нержавеющая	5,660	3,120	45,45
Сталь 347, аустенитная	5,740	3,090	45,40
Жесть	3,320	1,670	24,20
Титан марки Ti 150A	6,100	3,120	27,69
Вольфрам	5,180	2,870	99,72
Уран	3,370	1,980	63,02
Вода (20°C)	1,480	—	1,48
Цинк	4,170	2,410	29,61
Цирконий	4,650	2,250	30,13

Источник: *Nondestructive Testing Handbook 2nd Edition Volume 7 Ultrasonic testing ASNT 1991 ed Paul McIntire*

Значения ближней зоны у нефокусирующих преобразователей в воде

Значения ближней зоны в этой таблице определены по следующей формуле:

$$N = \frac{D^2}{4\lambda} \left[1 - \left(\frac{\lambda}{D} \right)^2 \right]$$

Обратите внимание, что формула 4 на странице 33 была выведена из этого выражения. Расчеты производились с применением значения скорости ультразвука в воде, равным $0,586 \times 10^5$ дюймов/сек при 22°C, и с учетом реальных размеров пьезоэлементов. Следует иметь в виду, что реальные размеры пьезоэлементов несколько меньше, чем их номинальные размеры, указанные в таблицах в данном каталоге.

Минимальное и максимальное практические фокусные расстояния рассчитываются с учетом акустических и механических ограничений каждой конфигурации. Эти ограничения представляют собой функцию (взаимозависимость) частоты преобразователя, размера пьезоэлемента и размеров корпуса. Из значений границ, указанных в таблице, могут иметься исключения.

Таблица 2
Ближние зоны плоских преобразователей в воде

Частота пьезоэлемента (МГц)	Размер (мм)	N (мм)	Фокусное расстояние (точечный отражатель(РТФ))**	
			Мин. (мм)	Макс. (мм)
0,5	38	121	55	97
	29	68	38	53
	25	53	32	42
	19	30	20	24
1,0	38	243	64	194
	29	136	48	109
	25	108	41	86
	19	60	25	48
2,25	13	27	15	20
	38	547	69	368
	29	307	55	241
	25	243	48	193
3,5	19	136	25	109
	13	60	20	48
	10	34	13	27
	6	15	9	11
5,0	25	378	50	286
	19	212	25	169
	13	94	21	75
	10	53	15	42
7,5	6	23	10	18
	25	540	50	366‡
	19	303	25	241
	13	134	19	107
10	10	75	15	60
	6	33	11	25
	19	455	25	324‡
	13	202	19	160‡
15	25	1079	51	508‡
	19	606	25	391‡
	13	269	19	213‡
	10	151	15	121‡
20	6	67	12	53
	13	403	19	298‡
	10	226	15	180‡
	6	100	13	80‡
25	6	133	13	107‡
	3	33	6	25‡
25	6	167	13	133‡

** Иммерсионные преобразователи Panametrics (стандартные, с пьезоэлементом большого размера, в корпусе малого диаметра и в удлиненном корпусе) с прямыми разрезами (см. стр. 16, 17 и 18) могут быть сфокусированы в пределах границ фокусного расстояния, устанавливаемых минимальной и максимальной фокусными точками, указанными в таблице 2. При заказе преобразователей, фокусное расстояние которых меньше (больше) этих границ, проконсультируйтесь у представителя компании Panametrics.

‡ Следует проанализировать эффект, который оказывает степень поглощения ультразвука на повышение линейности в зависимости от квадрата частоты и квадрата полосы пропускания. При глубоком залегании дефектов зависимость степени поглощения ультразвука от частоты следует проверить в соответствии с требованиями стандарта ASTM E 1065 Прим. А7. Данный анализ рекомендуется проводить, если фокусное расстояние равно или превышает следующие значения:

Частота	Фокусное расстояние
5,0 МГц	330,2 мм
7,5 МГц	152,4 мм
10 МГц	88,9 мм
15 МГц	38,1 мм
20 МГц	20,32 мм
25 МГц	12,7 мм
30 МГц	10,16 мм