



Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова»



О.В. Муравьева, В.В. Муравьев, О.П. Богдан, А.В. Платунов

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

*Рекомендовано Ученым советом ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению
12.03.01 Приборостроение, профиль Приборы и методы контроля качества и диагностики,
при профессиональной подготовке по рабочей профессии 11830 «Дефектоскопист по магнитному контролю.
Дефектоскопист по ультразвуковому контролю», при повышении квалификации по образовательным программам
«Магнитный и ультразвуковой контроль деталей подвижного состава», «Магнитный и ультразвуковой контроль
деталей и узлов локомотивов».*

Ижевск 2022

Относительный способ – это способ определения условных размеров дефекта по положениям преобразователя, при котором амплитуда эхо-импульса от дефекта уменьшается на N дБ от своего максимального значения. При $N=6$ дБ (рекомендуется по ГОСТ Р 55724 наряду с абсолютным способом) крайними считают положения ПЭП, при которых амплитуда эхо-сигнала от дефекта уменьшилась в 2 раза или на 6 дБ по отношению к максимальному эхо-сигналу (рис.7.16).

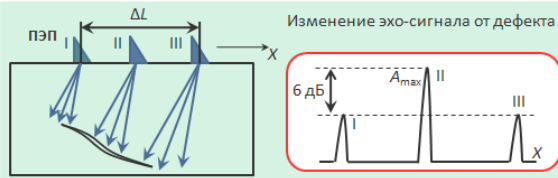


Рис.7.16 Схема относительного способа измерения условной протяженности дефекта: I, II, III – положения ПЭП при его перемещении, ΔL – условная протяженность дефекта

- ✓ Один и тот же дефект может иметь различные значения условной протяженности при изменении глубины дефекта (рис.7.17).
- ✓ Чем глубже расположен дефект от поверхности ввода ($Y_1 < Y_2 < Y_3$), тем больше будет его условная протяженность ($\Delta L_1 < \Delta L_2 < \Delta L_3$).

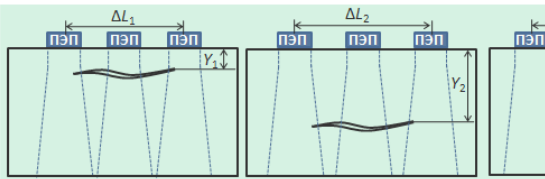
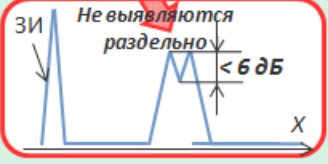
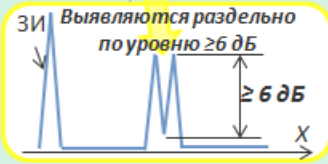
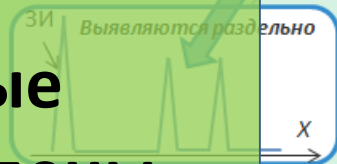


Рис.7.17 Зависимость условной протяженности дефекта от глубины залегания

Фронтальной разрешающей способностью ΔL называют минимальное расстояние между двумя компактными дефектами, расположенными близко друг к другу, которые будут выявляться на экране дефектоскопа **раздельно** при перемещении (сканировании) ПЭП вдоль оси X (рис.9.19).

Цветные схемы и рисунки наглядно иллюстрируют рассматриваемые вопросы; приведены примеры расчета типичных задач



К понятию фронтальной разрешающей способности (синим и зеленым выделены случаи раздельного выявления отражателей, красным – случай не выявления двух отражателей раздельно)

- Фронтальная разрешающая способность улучшается (ΔL уменьшается) при увеличении направленности излучения ПЭП, определяемой:
- ✓ ростом частоты f ,
 - ✓ ростом размеров пьезоэлемента.
 - ✓ С увеличением глубины залегания дефектов фронтальная разрешающая способность ухудшается (рис.9.20).

Пособие разработано специалистами, имеющими огромный опыт в области высшего образования, переподготовки и сертификации по неразрушающему контролю

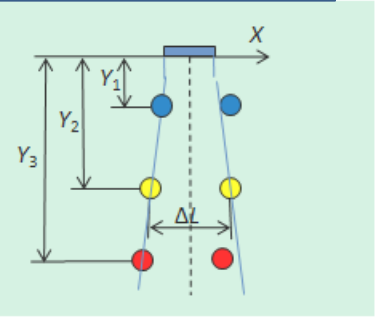
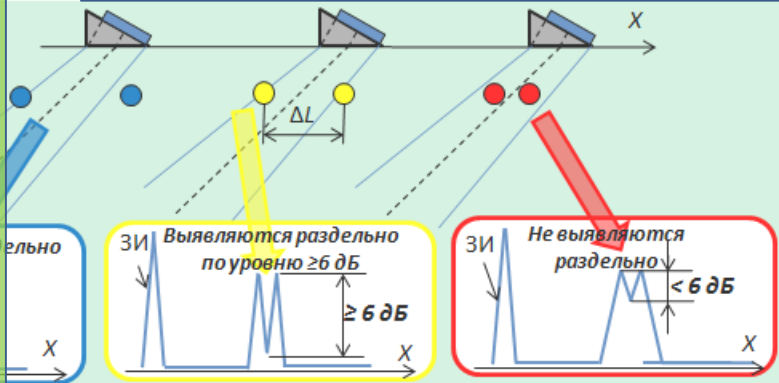


Рис.9.20 Влияние глубины залегания дефекта на фронтальную разрешающую способность

- ✓ Условие раздельного выявления – разница амплитуд на экране УЗ-дефектоскопа между эхо-сигналами от двух дефектов при сканировании не менее **6 дБ** (рис.9.19).

Конструкция прямого совмещенного пьезопреобразователя

Прямой совмещенный пьезопреобразователь предназначен для излучения и приема продольных волн по нормали к поверхности (пример условного обозначения для прямого ПЭП - А111-5 или П111-5-6) (рис.4.1).

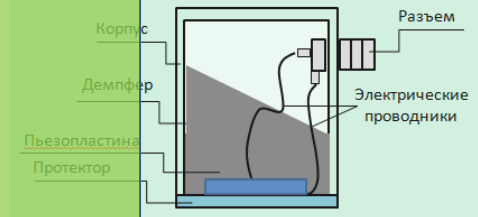


Рис.4.1. Конструкция прямого пьезопреобразователя

Пьезоэлемент служит для преобразования электрической энергии в акустическую и обратно. Представляет собой плоскопараллельную пьезопластину, на противоположные поверхности которой наносятся тонкие металлические электроды из серебра или никеля толщиной несколько микрометров.

Толщина пьезоэлемента $d_{пз}$ определяет рабочую (резонансную) частоту f_R преобразователя и должна удовлетворять условию полувонового резонанса по толщине:

$$d_{пз} = \lambda_{пз} / 2 = C_{пз} / 2f_R$$

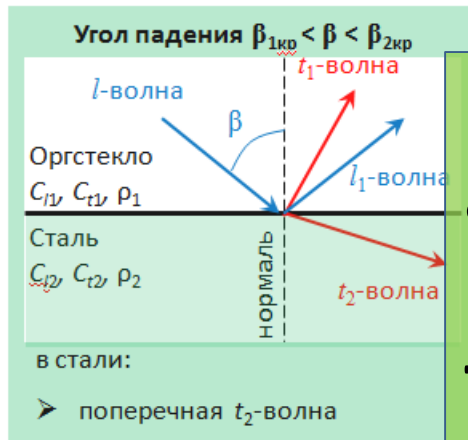
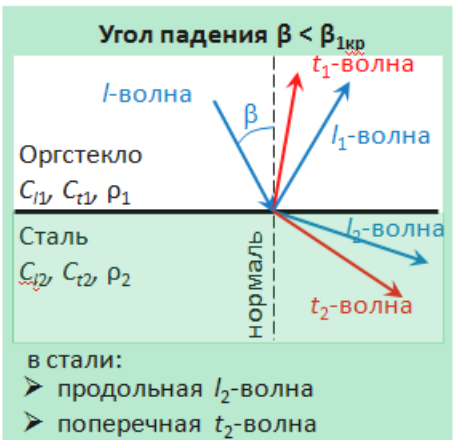
звуковых волн $C_{пз}=3300\text{м/с}$, $f_R=5\text{ МГц}$ составляет $d_{пз}=0,66\text{ мм}$.

Чем меньше толщина пьезоэлемента $d_{пз}$, тем более высокая рабочая частота f_R у ПЭП.

анических повреждений, изготавливается из материалов с высокой звука (минералокерамика, сталь, органические и неорганические чтобы обеспечить максимальную прозрачность.

Пособие содержит 90 контрольных вопросов, приближенных к сертификационным, что поможет закрепить материал и подготовится к сдаче экзамена

В зависимости от угла падения β в объекте контроля (сталь) можно получить необходимый тип волны.



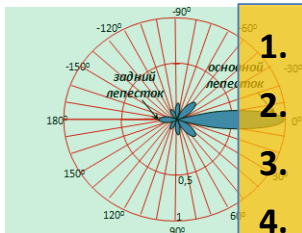
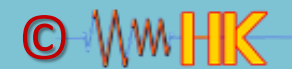
Угол падения $\beta > \beta_{2кр}$ (63°)

Пособие в виде настольного альбома формата А4 будет востребовано в классе технической учебы на предприятии, а виде брошюры формата А5 – для индивидуального пользования

В таблице справа представлены условия существования во второй среде преломленных волн при падении продольной волны на границу раздела двух твердых сред

Угол падения β
$\beta < \beta_{1кр}$
$\beta = \beta_{1кр}$
$\beta_{1кр} < \beta < \beta_{2кр}$
$\beta = \beta_{2кр}$
$\beta = 63^\circ$

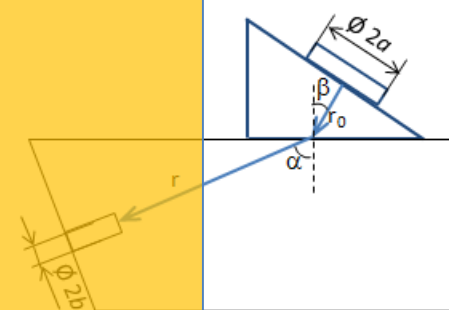
СОДЕРЖАНИЕ



1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
2. ЗАТУХАНИЕ И РАСХОЖДЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН
3. ЯВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА СРЕД
4. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
5. АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
6. АКУСТИЧЕСКИЙ ТРАКТ ЭХО-МЕТОДА
7. МЕТОДЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ
8. СРЕДСТВА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ
9. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭХО-МЕТОДА



$$\frac{A_{\text{отр}}}{A_0} = \frac{DS_0 S_0 \cos \beta}{\lambda^2 (r + r_0)^2 \cos \alpha} e^{-2(\delta r + \delta_{\text{отр}} r_0)}$$

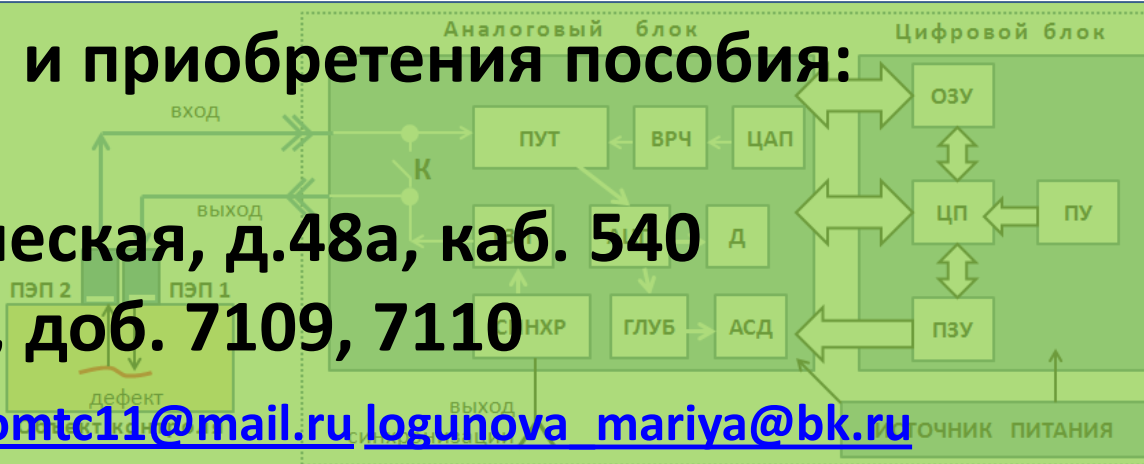


Контакты для заказа и приобретения пособия:

г.Ижевск, ул.Студенческая, д.48а, каб. 540

Тел.: (3412) 77-60-55, доб. 7109, 7110

электронная почта: omtc11@mail.ru logunova_mariya@bk.ru



1.6

Продольная волна



• При распространении в среде продольной волны направление колебаний частиц происходит в том же направлении, в котором распространяется волна (рис. 1.11).

• Скорость продольной волны обозначается C_l и может быть определена по формуле

$$C_l = \frac{E(1-\nu)}{\rho} \approx 1,16 \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



Рис. 1.11

✓ Пример. C_l в мере СО-2 равна 5900 м/с

Методическое пособие	Предлагаемое применение	Стоимость
"Ультразвуковой контроль. Физические основы" Формат А5, полноцветная печать.	Отлично подойдет как карманное пособие для подготовки к квалификационным экзаменам	2000,00р.
"Ультразвуковой контроль. Физические основы" Формат А4, полноцветная печать, с дополнительной ламинацией каждой страницы для защиты от загрязнений.	Подойдет как настольная книга для мастеров и дефектоскопистов	4500,00р.
"Ультразвуковой контроль. Физические основы" Формат А3, полноцветная печать, с дополнительной ламинацией каждой страницы для защиты от загрязнений.	Подойдет как настольная книга для мастеров и дефектоскопистов	8000,00р.

✓ Справка. Продольная волна может распространяться в жидких, газообразных и твердых средах.