

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Д. Ю. БИРЮКОВ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Часть 1

Конспект лекций

Екатеринбург

УрФУ

2012

1 ЭХО-ИМПУЛЬСНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

1.1 Постановка задачи

Целью эходефектоскопа является обнаружение несплошностей в контролируемом изделии и определение их параметров.

При расчете эходефектоскопа требуется рассчитать его основные характеристики для выполнения цели.

Начальными условиями являются:

- материал изделия (C_l, E, d , или α);
- толщина и тип изделия;
- минимальный размер регистрируемого дефекта и тип дефекта;
- разрешающая способность ($\Delta r, \Delta l$).

Схема контроля:

- тип датчика (прямой, наклонный);
- способ контакта (контактный, щелевой, иммерсионный, бесконтактный);
- схема расположения датчиков (совмещенный, раздельный способы).

Рекомендуемая схема:

тип датчика – прямой;

способ контакта – контактный, иммерсионный;

схема расположения – совмещенный.

схемы приведены на рисунках 1,2 и 3.

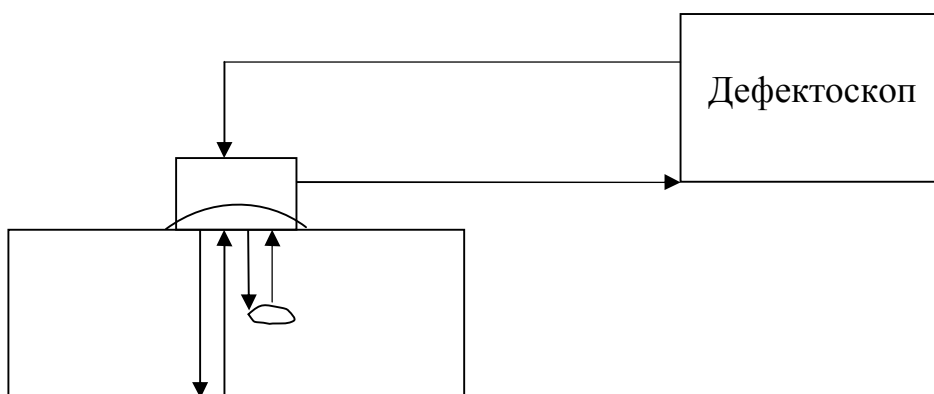


Рисунок 1

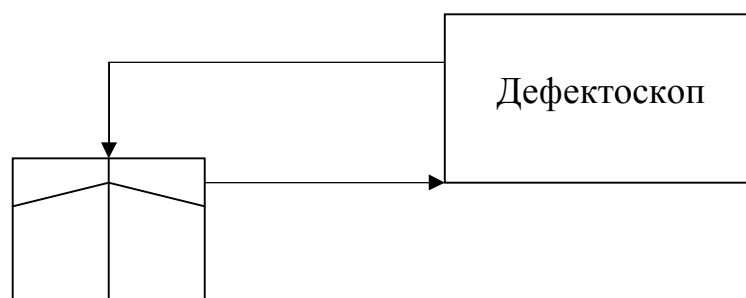


Рисунок 2

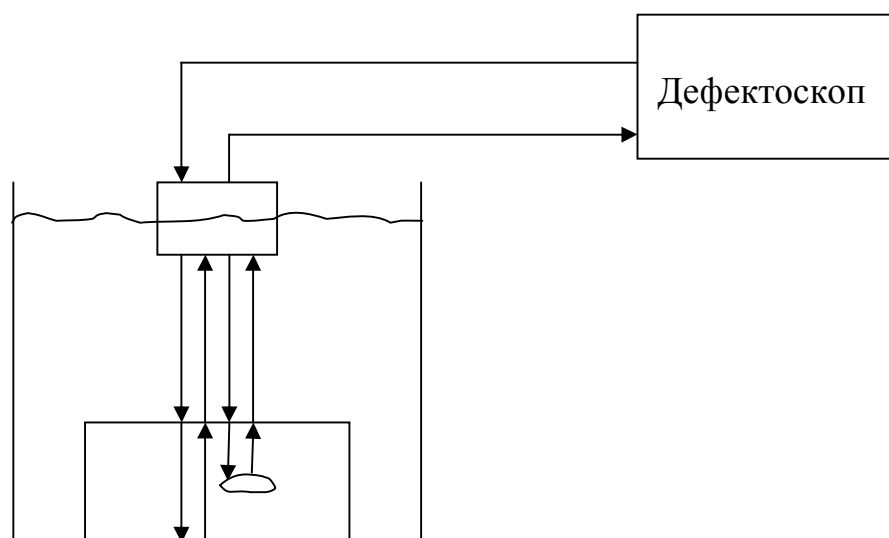


Рисунок 3

1.2 Выбор рабочей частоты эхо – дефектоскопа

- 1) рассчитать нижнюю граничную частоту дефектоскопа;
- 2) рассчитать верхнюю граничную частоту дефектоскопа;
- 3) выбрать рабочую частоту: $f_H < f_P < f_B$;

Расчет нижней граничной частоты выполняется из условия выявляемости дефекта:

$$b \geq \lambda = \frac{C_l}{f} , \quad (1.1)$$

$$f_H = \frac{C_l}{f} \quad (1.2)$$

Верхняя граничная частота рассчитывается из условия затухания волны в материале.

Для реализации методики контроля необходимо, чтобы уменьшение амплитуды волны из-за рассеяния происходило не более чем в e раз на длине волны $l = 100\lambda = 100 \frac{C}{f}$.

Расчет первой верхней граничной частоты:

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\alpha \cdot l} = e^{-\alpha \cdot 100 \cdot \frac{C}{f}}, \quad (1.3)$$

Значит, степень e равна 1 ($e^1 = e$).

$$100 \cdot \alpha \cdot \frac{C_l}{f_B} = 1, \quad (1.4)$$

$$\alpha = \frac{f_B}{100 \cdot C_l}, \quad (1.5)$$

$$\alpha = a_{II} \cdot f + a_P \cdot f^4, \quad (1.6)$$

если есть зерно, следовательно, поглощением пренебрегаем:

$$\alpha = a_P \cdot f_B^4, \quad (1.7)$$

$$a_P \cdot f_B^4 = \frac{f_B}{100 \cdot C_l}, \quad (1.8)$$

$$f_B = \sqrt[3]{\frac{1}{100 \cdot C_l \cdot a_P}}, \quad (1.9)$$

$$a_{P(l)} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot V_d}{C_l^4} \cdot \left(\frac{\Delta E}{E} \right), \quad (1.10)$$

где V_d - объем зерна;

$$a_{P(t)} = \frac{8 \cdot \pi^2 \cdot V_d}{3 \cdot C_t^4} \cdot \left(\frac{\Delta G}{G} \right), \quad (1.11)$$

$$\frac{\Delta E}{E} \approx \frac{\Delta G}{G} \approx 0,1, \quad (1.12)$$

$$V_d = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^3 = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3, \quad (1.13)$$

$$V_d = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3. \quad (1.14)$$

Если материал однородный то:

$$a_P = 0 \Rightarrow \alpha = a_{II} \cdot f, \quad (1.15)$$

$$a_{II} \cdot f_B = \frac{f_B}{100 \cdot C_I}. \quad (1.16)$$

f_{B1} - не существует $\Rightarrow$ в однородных материалах затухание не влияет на верхнюю граничную частоту.

Кроме того, на нижнюю граничную частоту f_H влияет условие разрешающей способности по лучу:

$$\Delta r \geq 2\lambda, \quad (1.17)$$

$$\Delta r = \frac{2 \cdot C_I}{f_H} \Rightarrow f_H = \frac{2 \cdot C_I}{\Delta r}. \quad (1.18)$$

Чем разрешающая способность меньше, тем лучше. В результате определены две нижние граничные частоты. В качестве окончательного значения нижней граничной частоты f_H выбирается большее из них.

Рабочая частота определяется из ряда по ГОСТ (гостированные значения в МГц):

0,025; 0,06; 0,1; 0,15; 0,25; 0,4; 0,65; 0,8; 1; 1,25; 2,5; 5; 10; 15; 20; 25 .

Существует еще один способ определения верхней частоты, который определяется как для зернистых, так и для однородных материалов.

Верхняя граничная частота ограничивается здесь толщиной пьезопластины. Например, для кварцевых материалов:

1) $h \geq 0,5$ мм (на 1 кВ);

2) $h \geq 0,2$ мм (исходя из прочности)

что соответствует 400 В:

$$h = \frac{\lambda}{2} = \frac{C}{2 \cdot f} \Rightarrow f_B = \frac{C}{2 \cdot h_{\min}} \frac{[м/с]}{[м]} = [Гц]. \quad (1.19)$$

Для других материалов условия по толщине и напряжению следует удваивать.

1 мм на 1 кВ подойдет для любого материала.

1.3 Выбор пьезоэлемента. Расчет параметров преобразователя

Из двух верхних частот выбирается наименьшая.

Определяются два параметра пьезопластины: толщина и диаметр.

Условие полуволнового резонанса определяется формулой:

$$h = \frac{C}{f_P} \quad (1.20)$$

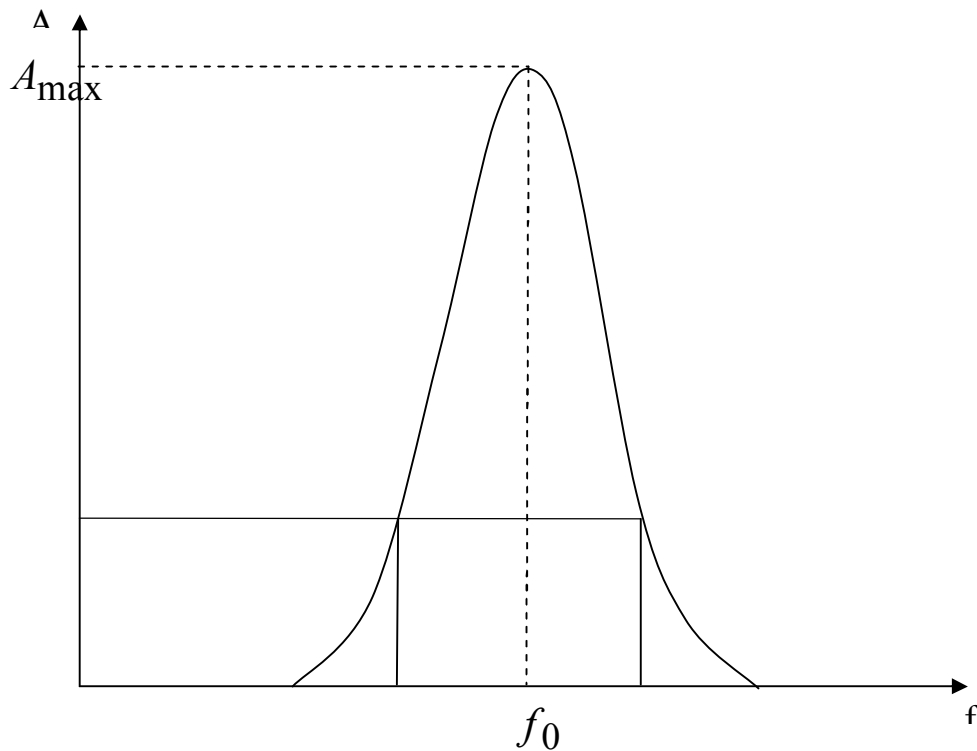


Рисунок 4 - График полуволнового резонанса

Диаметр пьезопластины рассчитывается из условия разрешающей способности и зоны контроля:

$$x_B = \frac{D^2}{4 \cdot \lambda} = \frac{D^2 \cdot f_P}{4 \cdot C} \quad (1.21)$$

$x_B \leq \frac{h}{2}$ для контроля в дальней зоне;

$x_B \geq \frac{h}{2}$ для контроля в ближней зоне;

так как $x_B = \frac{h}{2}$, то $\frac{h}{2} = \frac{D^2 \cdot f_P}{4 \cdot C}$

отсюда получаем:

$$D_{\substack{(\min) \\ (\max)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot h}{f_P}} \quad (1.22)$$

где $D_{\min}$ - для ближней зоны

$D_{\max}$ - для дальней зоны

$$\Delta l = \frac{D}{2} \quad (1.23)$$

получаем что $D_{\max} = 2 \cdot \Delta l$

$$D_{\max} \geq D \geq D_{\min} \quad (x_B) \quad (\Delta l) \quad (1.24)$$

Если $D_{\max} < D_{\min}$, то контроль в дальней зоне невозможен.

$D_{\max}, D_{\min}$ - можно корректировать рабочей частотой.

Контроль в дальней зоне можно обеспечить с разрешающей способностью при варьировании рабочей частоты:

При $\uparrow f_P \Rightarrow \downarrow D_{\min} \Rightarrow \downarrow D_{\max}$.

Материал пьезопластины выбирается по пьезомодулю и по скорости звука. Лучше всего выбирать материал с наибольшим пьезомодулем (например, ЦТС-керамика (цирконат титонат свинца)).

Для большой рабочей частоты требуется материал с большой скоростью звука, чтобы пьезопластина не была слишком тонкой (например кварц). Наибольшая скорость у ниабата лития $C \approx 7000$ м/с.

Протектор

Толщина протектора выбирается из условия четвертьволнового просветления:

$$h_{II} = \frac{\lambda}{4} = \frac{C_{\text{протектора}}}{4 \cdot f_P}, \quad (1.25)$$

$$h = \frac{C_{III}}{2 \cdot f_P}. \quad (1.26)$$

Материал протектора выбирается по акустическому импедансу:

$$Z_{IP} = \sqrt{Z_{III} \cdot Z_{Ж}}, \quad (1.27)$$

$$Z_{III} > Z_{Ж}, \quad (1.28)$$

$$Z_{Ж} < Z_{IP} < Z_{III}. \quad (1.29)$$

Чаще всего в качестве протектора выбирают эпоксидные смолы с наполнителями. За счет наполнителей импедансы этих протекторов варьируются от 2,8 до 5,3 МПа·с/м.

Толщина протектора не должна быть меньше 0,1 мм. В противном случае рабочую частоту придется уменьшить или выбрать протектор с большей скоростью звука.

В качестве протектора можно выбрать: оргстекло, текстолит.

Демпфер

Материал: эпоксидные смолы (ЭД-5) с наполнителем из W (вольфрама) или без наполнителя.

Найдем толщину слоя демпфера h_d :

$$\frac{A_0}{A} = e^{2 \cdot \alpha \cdot h_d} = 1000, \quad (1.30)$$

$$2 \cdot \alpha \cdot h_d = \ln 1000 \Rightarrow h_d = \frac{\ln 1000}{2 \cdot \alpha_d}. \quad (1.31)$$

где α_d - коэффициент затухания в демпфере.

Призма для наклонного преобразователя

Материал: выбирается с наименьшей возможной скоростью звука продольных колебаний для того, чтобы существовал первый критический угол для данной призмы:

$C_l^{(II)} < C_l^{(изд)}$ условие существования первого критического угла.

Оптимальный материал: оргстекло.

Если объект контроля имеет $C_l^{(изд)} \leq 2500 \text{ м/с}$ то в качестве материала призмы используют фторопласт или полистерол.

Фторопласт: $C_l \approx 1300 \text{ м/с}$, $\alpha \approx 160 \frac{\text{Нн}}{\text{м}}$.

Угол призмы:

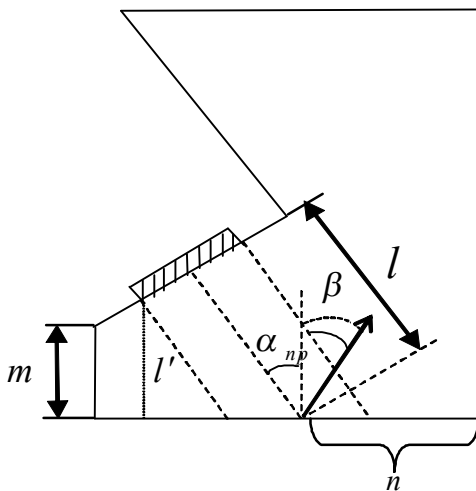
$$\frac{\sin \alpha_{PP}^I}{C_l^{(np)}} = \frac{1}{C_l^{(изд)}}, \quad (1.32)$$

$$\alpha_{np}^I = \arcsin \frac{C_l^{(np)}}{C_l^{(изд)}}, \quad (1.33)$$

$$\alpha_{np}^{II} = \arcsin \frac{C_l^{(np)}}{C_t^{(изд)}}, \quad (1.34)$$

$\alpha_{np}^I < \alpha_{np} < \alpha_{np}^{II}$ (или 90° если α_{np}^{II} не существует).

Значение α_{np} выбирают круглым и кратным 5.



$$\frac{\sin \alpha_{np}}{C_l^{(np)}} = \frac{\sin \beta}{C_t^{(np)}}, \quad (1.35)$$

$$\beta = \arcsin \left(\frac{C_t^{(np)}}{C_l^{(np)}} \cdot \sin \alpha_{np} \right), \quad (1.36)$$

$$m_{\min} = \frac{D \cdot \cos \alpha_{np}}{\operatorname{tg}(\alpha_{np} + \beta)} \quad (1.37)$$

Рисунок 6

m рассчитывается из условия, чтобы поперечная волна не попадала на пьезопластину.

Условие контроля в дальней зоне:

$$l' > x_B, \quad (1.38)$$

$$l'_{\min} = x_B, \quad (1.39)$$

$$m_{\min 2} = l'_{\min} \cdot \cos \alpha_{np} = x_B \cdot \cos \alpha_{np} \quad (1.40)$$

Рассчитав по двум формулам $m_{\min}$ выбирают наибольшее m из двух.

$$n_{\min} = \frac{D}{2 \cdot \cos \alpha_{np}} \quad (1.41)$$

$n > n_{\min}$ - условие непопадания луча на боковую стенку.

n выбирают на 10% больше, чем $n_{\min}$:

$$n = \frac{1,1 \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha_{np}} \quad (1.42)$$

n округляют до целого в большую сторону.

Призма RS-преобразователя

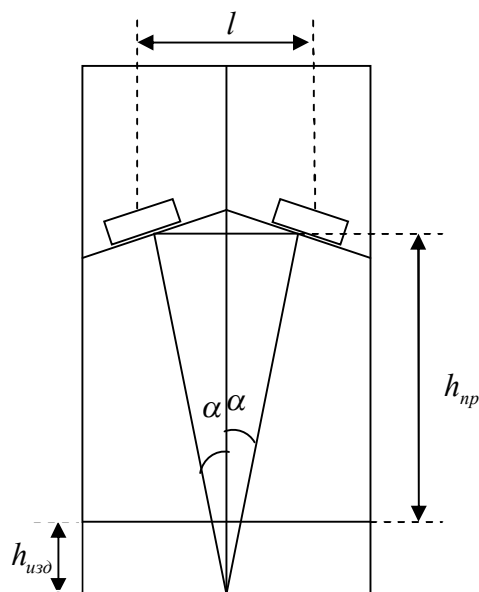


Рисунок 7 - Схема RS-преобразователя

Материал призмы выбирают желательно со скоростью звука близкой к скорости звука в изделии.

Для изделия с высокой скоростью звука ($1000 \div 6000$ м/с) выбирают кварцевые стекла. Для материалов с низкой скоростью звука ($C_l < 4000$ м/с) выбирают оргстекло. Силикатное стекло ($C_l \approx 5000$ м/с) выбирают для изделий с высокой скоростью звука.

Чтобы не было трансформации волны на границе необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$$\alpha < 7^\circ \quad (1.43)$$

Угол призмы вычисляется из соотношений:

$$h_{np} > x_B^{(np)}, \quad (1.44)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{2 \cdot \sqrt{(h_{np} + h_{изд})}}, \quad (1.45)$$

$$\frac{l}{2} \geq \frac{D}{2}. \quad (1.46)$$

Если $\alpha > 7^\circ$, то его можно уменьшить, увеличив h_{np} .

1.4 Расчет акустического тракта эхо – дефектоскопа

На первом этапе рассчитывается минимальное давление волны, которое может быть зарегистрировано преобразователем. Для этого используется выражение для прямого пьезоэлектрического эффекта, которое может быть записано как:

$$P = \frac{U_{II}}{d_{11}} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{h_{III}} \quad \text{- закон прямого пьезоэффекта} \quad (1.47)$$

P - давление акустической волны

U_{II} - преобразованное из волны напряжение электрического сигнала

d_{11} - пьезомодуль для материала пьезопластины

ε - диэлектрическая проницаемость для материала пьезопластины

ε_0 - электрическая постоянная

h_{III} - толщина пьезопластины

Расчет минимального давления осуществляется в соответствии с уровнем шума:

$$U_{II \min} = 5 \cdot U_{III} , \quad (1.48)$$

$$P_{\min} = \frac{5 \cdot U_{III}}{d_{11}} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{h_{III}} \quad (1.49)$$

где $U_{III} = 10$ мкВ

На втором этапе рассчитывается давление P_0 для излучаемой волны с учетом всех потерь энергии в объекте контроля.

Потери могут быть:

1) Затухание волны и расхождение волны $(\alpha, \frac{S_{II}}{2 \cdot \lambda \cdot x})$

2) Прохождение через границу раздела двух сред $(\tilde{D})$

3) Взаимодействие с дефектом:

- влияние размера (чем меньше дефект, тем меньше амплитуда отраженной волны);

- влияние формы (плоская – отражается плоско, сферическая – дополнительное расхождение);

- частичное пропускание волны дефектом (шлаковое включение)

(R - коэффициент отражения от дефекта).

Формула акустического тракта:

$$\frac{P_{\min}}{P_0} = \frac{S_{II}}{2 \cdot \lambda \cdot x} \cdot \underbrace{\tilde{D}_1}_{\downarrow 1} \cdot \underbrace{\tilde{D}_2}_{\downarrow 2} \cdot \underbrace{B}_{\downarrow 3} \cdot \underbrace{e^{-\alpha \cdot x}}_{\downarrow 4} \cdot \underbrace{R}_{\downarrow 5} \quad (1.50)$$

- 1- расхождение волны в материале
- 2- прохождение через границы раздела сред
- 3- коэффициент формы дефекта
- 4- затухание в материале
- 5- отражение от дефекта

Коэффициенты прохождения $\tilde{D}_1$ и $\tilde{D}_2$ учитываются для RS-преобразователей и для иммерсионного способа контакта.

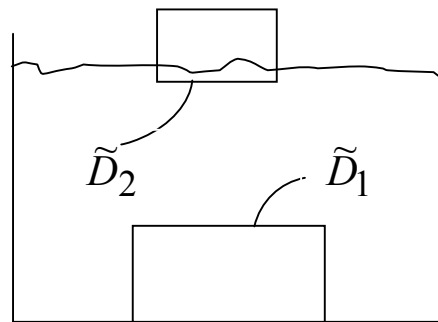


Рисунок 7 - Схема иммерсионного способа контакта

$\tilde{D}_1$ - коэффициент прохождения между контактной жидкостью и объектом контроля

$\tilde{D}_2$ - коэффициент прохождения между призмой (протектором) и контактной жидкостью.

У RS-преобразователей протектор отсутствует, следовательно, коэффициент прохождения не равен 1 (его считать не надо).

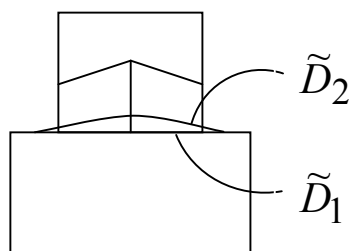


Рисунок 8 - Схема RS-преобразователя

Протектор обеспечивает единичный коэффициент прохождения для всех границ.

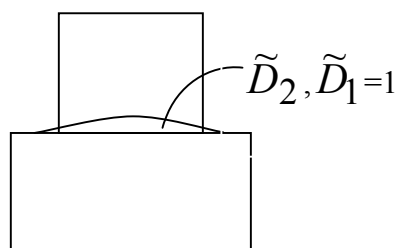


Рисунок 9 - Схема преобразователя с протектором

Коэффициент формы:

1) диск (трещина):

$$B = \frac{2 \cdot S_{\text{в}}}{\lambda \cdot x}, \quad (1.51)$$

$$S_{\text{в}} = \frac{\pi \cdot b^2}{4}, \quad (1.52)$$

2) сфера (пора, шлаковое включение):

$$B = \frac{b}{2 \cdot x}, \quad (1.53)$$

3) цилиндр (боковое сверление, арматура):

$$B = \sqrt{\frac{b}{2 \cdot x}}. \quad (1.54)$$

где x - максимальный путь в изделии

h - толщина изделия

$x = 2h$

Коэффициент отражения учитывается только для прозрачных дефектов (трещина, заполненная шлаком, шлаковое включение, арматура):

$$R = \frac{z_{III} - z_M}{z_{III} + z_M}, \quad (1.55)$$

$$z = \rho \cdot c$$

$$\tilde{D}_1 = \frac{4 \cdot z_{Ж} \cdot z_M}{(z_{Ж} + z_M)^2}, \quad (1.56)$$

$$\tilde{D}_2 = \frac{4 \cdot z_{ПП} \cdot z_M}{(z_{ПП} + z_M)^2}. \quad (1.57)$$

Для непрозрачных дефектов $R=1$.

Коэффициент затухания определяется исходя из рабочей частоты размеров зерна или табличных коэффициентов поглощения: $\alpha_{2,5}$ для 2,5 МГц – известная величина (табличная)

$$\alpha = f \cdot a_{II}, \quad (1.58)$$

$$a_{II} = \frac{\alpha_{2,5}}{2,5 \cdot 10^6}, \quad (1.59)$$

$$\alpha(f_P) = \frac{\alpha_{2,5}}{2,5 \cdot 10^6} \cdot f_P. \quad (1.60)$$

где f_P - рабочая частота

Для зернистых материалов:

коэффициентом поглощения пренебрегаем

$$\alpha = \alpha_P = a_P \cdot f_P^4, \quad (1.61)$$

$$a_{P(l)} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot V}{C_l^4} \cdot \left(\frac{\Delta E}{E} \right), \quad (1.62)$$

для наклонного преобразователя:

$$a_{P(t)} = \frac{8 \cdot \pi^2 \cdot V}{3 \cdot C_t^4} \cdot \left(\frac{\Delta G}{G} \right), \quad (1.63)$$

1.5 Требования к генератору зондирующих импульсов

Напряжение генератора рассчитывается по закону обратного пьезоэффекта:

$$U_{\Gamma}^{\min} = \frac{P_0 \cdot h_{III}}{E \cdot d_{11}}, \quad (1.64)$$

$$U_{\Gamma} = U_{\Gamma}^{\min} \cdot k. \quad (1.65)$$

где E - модуль Юнга

P_0 - давление зондирующего импульса

k - поправочный коэффициент ($k=100 \div 300$)

Требуется определить для импульсного режима излучения период следования T_u и длительность τ_u .

В случае непрерывного режима излучения эти параметры не определяются.

$$T_u^{\min} = t_{\max} + 2 \cdot \tau_u \quad (1.66)$$

где: $t_{\max} = \frac{2 \cdot h_{изд}}{l_{изд}}$

$$\tau_u = \frac{5}{f_P}$$

$$T_u = T_u^{\min} \cdot 10 \quad (1.67)$$

Для стандартных дефектоскопов:

$$T_u = 1000 \cdot \tau_u \quad (1.68)$$

Длительность импульсов в режиме нарастания тока при возбуждении пьезопластины рассчитывается по формуле:

$$\tau_H = \frac{1}{4 \cdot f_P} \quad (1.69)$$

Зарядовая емкость находится из соотношения:

$$C_3 = 1000 \cdot C_{III} \quad (1.70)$$

где $C_{III} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S_{III}}{h_{III}}$ ($C_3 \gg C_{III}$).

1.6 Представление результатов

Таблица 1 - Представление результатов

Параметр	Заданное значение	Фактическое значение
Схема контроля	стандартный метод контроля	иммерсионная схема контроля
Рабочая частота	—	2,5 МГц

Верхняя рабочая частота	—	4,8 МГц
Нижняя рабочая частота	—	0,5 МГц
Параметры ПЭП		
Толщина ПП	0,387 мм	0,4 мм
min Диаметр ПП	9,7 мм	10 мм
max Диаметр ПП	11,8 мм	—
Диаметр ПП	—	10 мм
Материал ПЭП	—	кварц
Материал протектора	—	ЭД-5
Толщина протектора	0,109 мм	0,11 мм
Материал демпфера	—	ЭД-5+80%W
Толщина демпфера	10,47	11 мм
Параметры контроля		
Разрешающая способность лучевая	3 мм	2,8 мм
Разрешающая способность фронтальная	3 мм	2,5 мм
Минимальный размер дефекта	5 мм	4,2 мм
Зона контроля	дальняя	дальняя $x_B = 10,42 \text{ мм}$
Параметры генератора		
Напряжение U_{Γ}	0,538 ($U_{\Gamma}^{\min}$)	60 В (U_{Γ})
Длительность импульса	1,12 мкс	1,1 мкс
Период следования	15,38 мкс	20 мкс
Время нарастания	0,85 мкс	0,9 мкс
Зарядовая емкость	10,85 пФ	11 пФ

2 Толщиномер

2.1 Исходные данные

- Материал изделия;
- Форма изделия;
- Min толщина;
- Min погрешность;
- Размер зерна (или коэффициент затухания для незернистых материалов на частоте 2,5 МГц);
- Рекомендуемая схема контроля (стандартная – контактный метод, прямой преобразователь, RS – преобразователь).

Схемы контроля такие же как в случае эхо – импульсного дефектоскопа.

2.2 Расчет рабочей частоты

Верхняя рабочая частота для зернистых материалов рассчитывается так же, как и для эхо – дефектоскопа:

$$f_{\text{в}} = 3 \sqrt[3]{\frac{1}{100 C_l a_p(l)}}, \text{ где} \quad (2.1)$$

C_l - скорость звука в объекте контроля,

$a_p(l)$ - коэффициент рассеяния в объекте контроля

Верхняя частота для однородных материалов коэффициентом затухания не ограничивается, но может быть ограничена толщиной пьезопластины:

$$f_{\text{в}2} = \frac{C_l}{2 h_{\text{min}}} \quad (2.2)$$

Нижняя граничная частота в случае толщиномера определяется размерами мертвой зоны. Из условия, при котором мертвая зона меньше толщины изделия, следует выражение:

$$\tau_u \leq \frac{2 h_{\text{min}}}{C_l}; \quad (2.3)$$

$$\tau_u^{\text{max}} = \frac{2 h_{\text{min}}}{C_l} \quad (2.4)$$

Рассмотрим, как длительность импульса зависит от частоты излучения. τ_u зависит от добротности преобразователя. Можно считать, что добротность равна числу колебаний пластины π , при котором амплитуда уменьшается в e раз:

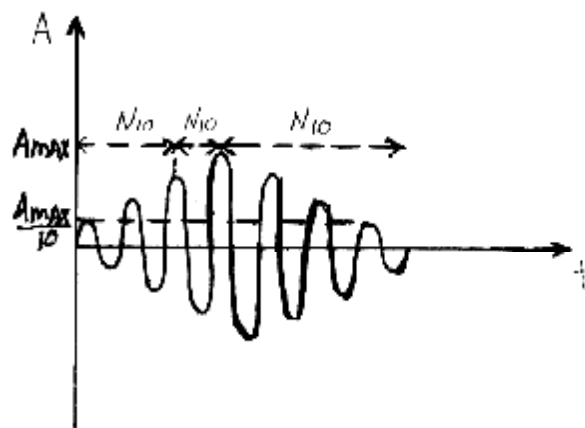
$$Q = \pi N_e, \text{ где} \quad (2.5)$$

N_e - число колебаний, при котором амплитуда уменьшается в e раз

$$N_e = \frac{Q}{\pi} \quad (2.6)$$

Рассмотрим число колебаний, при котором амплитуда уменьшается в 10 раз:

$$N_{10} = \ln 10 N_e = 2,3 \frac{Q}{\pi} \quad (2.7)$$



$$\tau_u = 3 N_{10} T = \frac{3 N_{10}}{f} = \frac{6,9Q}{f\pi} \quad (2.8)$$

$$\tau_u^{\max} = \frac{6,9Q}{f_{\text{нижн}} \pi} \quad (2.9)$$



$$f_{\text{нижн}} = \frac{6,9Q}{\tau_u^{\max} \pi} \quad (2.10)$$

$$f_{\text{нижн}} = \frac{3,45Q C_l}{\pi h_{\text{мин}}} \quad (2.11)$$

$$Q = \frac{\pi}{\ln \frac{1}{R_1 R_2}} \quad (2.12)$$

$$R_1 = \frac{z_{nn} - z_{\text{дем}}}{z_{nn} + z_{\text{дем}}} \quad (2.13)$$

$$R_2 = \frac{z_{nn} - z_{\text{дем}}}{z_{nn} + z_{\text{дем}}} \quad (2.14)$$

Соотношения (2.13), (2.14) записаны для обычного совмещенного протектора.

В некоторых случаях вместо $z_{\text{ж}}$ рассматривают z объекта контроля, пренебрегая слоем жидкости.

Для RS – преобразователя нижней средой является материал призмы RS, поэтому вместо импеданса жидкости используют импеданс материала призмы.

2.3 Расчет параметров преобразователя

В случае толщиномера параметры преобразователя рассчитывают аналогично 1.3:

1 Выбирается материал пьезопластины

2 Рассчитывается толщина пьезопластины:

$$h_{nn} = \frac{C_{nn}}{2 f_{\text{раб}}} \quad (2.15)$$

3 Рассчитывается диаметр пьезопластины из размера ближней зоны:

$$x_0 = \frac{D^2}{4\lambda} \Rightarrow D_{\max} = 2\sqrt{x_0 \lambda} \quad , \text{ где} \quad (2.16)$$

$$x_{\delta \max} = h_{\min} \quad (2.17)$$

$$D_{\max} = 2\sqrt{h_{\min} \lambda} \quad (2.18)$$

(округляем в меньшую сторону до целых круглых чисел)

$$D_{\min} = 5 \text{ мм}$$

В противном случае, увеличивается погрешность измерения толщины за счет расхождения пучка.

4 Протектор и демпфер для толщиномера рассчитывается так же, как и для эхо-дефектоскопа.

2.4 Влияние параметров пьезоэлектрического преобразователя и рабочей частоты на погрешность измерения толщины

$$\frac{\Delta h}{h} (\%) = \frac{\Delta C}{C} (\%) + \frac{\Delta t_{np}}{t} (\%) + \frac{\Delta t_{жс}}{t} + \frac{\delta T}{t} \text{ , где} \quad (2.19)$$

(1) $\frac{\Delta C}{C} (\%)$ - погрешность скорости звука, связанная с неоднородностью материала;

(2) $\frac{\Delta t_{np}}{t} (\%)$ - систематическая погрешность прибора;

(3) $\frac{\Delta t_{жс}}{t}$ - компонент, связанный с изменением толщины слоя жидкости(контактный метод), толщина меняется $\Rightarrow$ время прохождения меняется;

(4) $\frac{\delta T}{t}$ - погрешность длительности импульса.

Для (1) и (2) берут 1%.

$$\begin{aligned} \Delta t_{жс} &= \Delta h_{жс} / C_{жс} \\ \Rightarrow \frac{\Delta t_{жс}}{t} &= \frac{\Delta h_{жс} C_l}{h C_{жс}} \quad (2.20) \\ t &= \frac{h}{C_l} \end{aligned}$$

$$\Delta h_{\text{жс}} = 0,1 \text{ мм};$$

$$\aleph = 0,125;$$

$\aleph$ - аппаратурная константа

$$T = \frac{1}{f}; \quad (2.21)$$

$$t = \frac{h}{C_l} \quad (2.22)$$

$$\frac{\aleph T}{t} = \frac{\aleph C_l}{fh} \quad (2.23)$$

$$\frac{\Delta h}{h} = 2\% + \frac{\Delta h_{\text{жс}} C_l}{h C_{\text{жс}}} 100\% + \frac{\aleph C_{\partial}}{fh} 100\% \quad (2.24)$$

$$\frac{\Delta h}{h} = 2\% + \frac{C_l}{h} 100\% \left(\frac{\Delta h_{\text{жс}}}{C_{\text{жс}}} + \frac{\aleph}{f_n} \right) \quad (2.25)$$

Используя RS – преобразователь, можно уменьшить погрешность, т.к. при этом увеличивается длина пути (h).

2.5 Расчет погрешности для RS – преобразователя

$$\frac{\Delta t_{\text{жс}}}{t} \Rightarrow \Delta t_{\text{жс}} = \frac{\Delta h_{\text{жс}}}{C_{\text{жс}}} \quad (2.26)$$

t – время прохождения волны через образец и призму

$$t = t_{\text{уз\partial}} + t_{\text{np}} = \frac{h}{C_l} + \frac{h_{\text{np}}}{C_{\text{np}}} \quad (2.27)$$

$$\frac{\Delta t_{\text{жс}}}{t} = \frac{\Delta h_{\text{жс}}}{C_{\text{жс}}} \left(\frac{h}{C_l} + \frac{h_{\text{жс}}}{C_{\text{жс}}} \right)^{-1} \quad (2.28)$$

$$\frac{\aleph T}{t} = \frac{\aleph}{f} \left(\frac{h}{C_l} + \frac{h_{\text{np}}}{C_{\text{np}}} \right)^{-1} \quad (2.29)$$

$$\frac{\Delta h}{h} = 2\% + 100\% \left(\frac{h}{C_l} + \frac{h_{np}^{\min}}{C_{np}} \right)^{-1} \left(\frac{\Delta h_{жс}}{C_{жс}} + \frac{\delta}{f_{н2}} \right) \quad (2.30)$$

Можно варьировать погрешность толщиной призмы и нижней частотой.

В случае RS – преобразователя погрешность измерения толщины зависит не только от частоты звуковой волны, но и от толщины призмы RS – преобразователя. Исходя из погрешности, можно оценить как вторую нижнюю граничную частоту, так и вторую минимальную толщину призмы RS – преобразователя.

$h_{np1}^{\min}$ определяется из условия $\alpha_{np} < 7^\circ$, как это рассмотрено в случае эходефектоскопа.

Наклонные преобразователи не используются для толщинометрии, поэтому призму наклонного преобразователя рассчитывать не требуется.

В случае эхотолщиномера отсутствуют такие понятия, как разрешающая способность (фронтальная и лучевая).

2.6 Расчет акустического тракта для эхотолщиномера

Во многом аналогично эходефектоскопу.

Расчет начинается с определения минимального давления на приемники:

$$P_{\min} = \frac{5U_{ш} \varepsilon \varepsilon_0}{d_{11} h_{nn}} \quad (2.31)$$

Далее рассчитывается давление, создаваемое излучателем:

$$\frac{P_{\min}}{P_0} = \frac{S_{np}}{4\lambda h_{изд}} e^{-2\alpha h_{изд}} \quad \text{дальняя зона, } h_{изд} > x_б \quad (2.32)$$

Контроль ведется контактным способом.

Коэффициент прохождения 1.

$$\frac{P_{\min}}{P_0} = e^{-2\alpha h_{изд}} \quad \text{ближняя зона, } h_{изд} \leq x_б \quad (2.33)$$

При расчете акустического тракта для отдельно – совмещенного преобразователя учитывается также путь в призме:

$$\frac{P_{\min}}{P_0} = \frac{S_{np} \tilde{D}_1 \tilde{D}_2}{4(\lambda_{изд} h_{изд} + \lambda_{np} h_{np})} e^{-2(\lambda_{изд} h_{изд} + \lambda_{np} h_{np})} \quad (2.34)$$

λ_{np} берется из справочника.

В таблице приводятся коэффициенты затухания различных материалов для частоты 2,5 МГц. При этом выполняется:

$$\frac{\alpha}{\alpha_{2,5}} = \frac{f_p(\text{МГц})}{2,5 \text{ МГц}} \quad (2.35)$$

В случае RS – преобразователя контроль ведется всегда в дальней зоне

$$\tilde{D}_1 = \frac{4 z_{np} z_{жс}}{(z_{np} + z_{жс})^2} \quad (2.36)$$

$$\tilde{D}_2 = \frac{4 z_{изд} z_{жс}}{(z_{изд} + z_{жс})^2} \quad (2.37)$$

В случае RS – преобразователя протектор отсутствует, поэтому отсутствует эффект просветления и требуется учитывать коэффициент прохождения.

2.7 Требования к генератору сигналов в случае толщиномера

Определяется минимальное напряжения генератора, которое необходимо, чтобы обеспечить минимальное давление:

$$U_z^{\min} = \frac{P_0 h_{nn}}{E d_{11}} \quad (2.38)$$

все параметры относятся к пьезопластине

$$U_z = U_z^{\min} k, \text{ где } k=100 \quad (2.39)$$

k – поправочный коэффициент, предназначенный для учета всех неучтенных потерь;

U_z как правило круглое число.

Пример:

$$U_{\varepsilon}^{\min} = 0,354B$$

$$U_{\varepsilon} = U_{\varepsilon}^{\min} 100 = 35,4$$

$$U_{\varepsilon} = 40B$$

Расчет длительности импульса для толщиномера:

$$\tau_u = \frac{6,9Q}{f_p \pi} = \frac{6,9}{f_p \ln \frac{1}{R_1 R_2}} \quad (2.40)$$

Q - добротность преобразователя:

$$Q = \frac{\pi}{\ln \frac{1}{R_1 R_2}} \quad (2.41)$$

Период следования импульсов:

$$T = (t_{\max} + 2\tau_u)N, \text{ где } N=10 \div 12 \quad (2.42)$$

$$t_{\max} = \frac{2h_{\min}}{C_l} \quad (2.43)$$

Для RS – преобразователя не требуется рассчитывать период следования импульсов и длительность импульсов, т.к. используется непрерывный тип излучения

$$\tau_n = \frac{2,3Q}{f_p \pi} \quad (2.44)$$

$$C_3 = 1000 C_{np} = 1000 \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S_{nn}}{h_{nn}} \quad (2.45)$$

2.8 Представление результатов

Представление результатов для толщиномера производится в сводной таблице

Таблица 2 - Представление результатов

Параметр	Заданное значение (расчетное значение)	Фактическое значение
Рабочая частота Верхняя Нижняя Рабочая		
Параметры ПЭП Материал ПП Толщина Диаметр Материал протектора Толщина протектора Материал демпфера Толщина демпфера (Материал призмы RS) (Высота призмы RS)		
Параметры контроля Минимальная толщина(мм), заданная фактически Погрешность(%), заданная фактически Зона контроля Мертвая зона - фактическая		
Параметры генератора Напряжение генератора минимальное, рекомендованное Период следования минимальный, рекомендованный (импульсный режим) Длительность импульса, фактическая (импульсный режим) Время нарастания, фактическое Зарядовая емкость, фактическая		

3 Теневой дефектоскоп.

3.1 Схемы контроля в теневом дефектоскопе

Используются разделенные схемы контроля, в которых применяется два отдельных преобразователя.

Один из преобразователей является излучателем, а другой приемником излучения.

В теневом методе возможны два варианта контакта:

1. Обычный контактный метод $h_{\text{жс}} < \lambda$
2. Иммерсионный метод $h_{\text{жс}} < x_{\text{б}}^{(\text{жс})}$

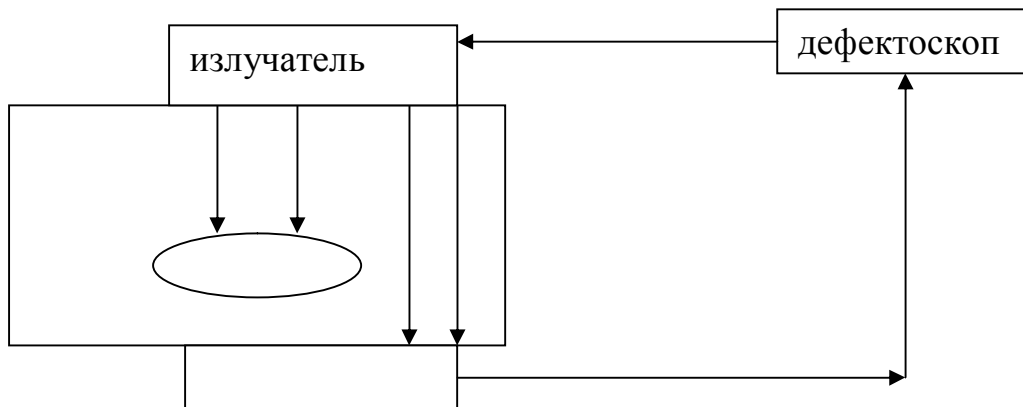


Рисунок 1 - Контактный метод

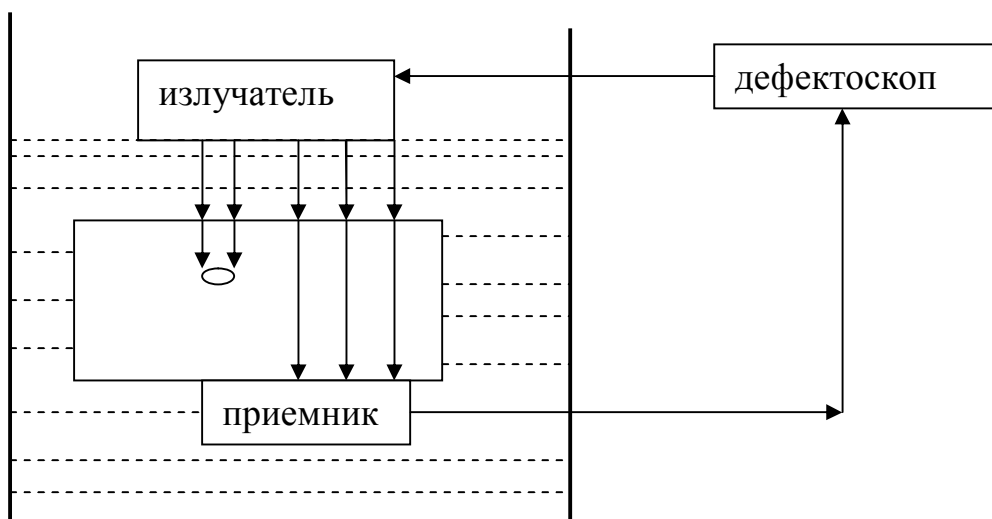


Рисунок 2 - Иммерсионный метод

Для этих схем ведется расчет одного преобразователя, подразумевая, что второй преобразователь идентичный.

Иммерсионный метод используется, если отсутствует возможность обеспечить условие контроля в ближайшей зоне, или если не удастся добиться значимого коэффициента дискриминации при стандартной схеме контроля.

Теневой дефектоскоп допускает контроль как в ближайшей так и в дальней зоне, при этом для ближней зоны необходим импульсный режим излучения. В ближней зоне контроль считается, когда: $\frac{h}{2} < x_6$;

если $\frac{h}{2} > x_6$ - дальняя зона контроля

Иммерсионная схема используется для контроля в дальней зоне.

3.2 Выбор рабочей частоты теневого дефектоскопа

В теневом методе контроля отсутствует лучевая разрушающая способность, поэтому она не влияет на рабочую частоту.

Верхняя частота определяется коэффициентом затухания (рассеяния) материала.

$$f_v = 3 \sqrt{\frac{1}{100 C_l^* a_p}} \quad (3.1)$$

$$a_p = \frac{2\pi^2 V}{C_l^4} \left(\frac{\Delta E}{E} \right) \quad (3.2)$$

$$V = \frac{\pi^2 d^2}{4} \quad (3.3)$$

$$\left(\frac{\Delta E}{E} \right) = 0,1 \quad (3.4)$$

В случае отсутствия зерна в материале верхнюю частоту определяют по минимальной толщине в пьезопластине:

$$f_v = \frac{C_{nn}}{2h_{\min}^{nn}} \quad (3.5)$$

$$h_{\min}^{nn} = 0.3 \text{ мм};$$

или толщина пробоя 0,5 мм -1 кВ (кварц); 1 мм – 1 кВ (другой материал).

Нижняя граничная частота определяется минимальными размерами дефекта:

$$f_n = \frac{C_l}{2b} \quad (3.6)$$

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p \quad (3.7)$$

$$\alpha = \alpha_p = \alpha_p * f^4 \quad (3.8)$$

$$\alpha_{nn} \ll \alpha_p \quad (3.9)$$

Рабочая частота влияет так же на фронтальную разрешающую способность при контроле в дальней зоне, поэтому для удовлетворения разрешающей способности рабочую частоту берут как правило ближе к верхней граничной частоте.

Для выбора рабочей частоты используют ряд ГОСТов, рассмотренных в главе «Эхо-дефектоскоп».

Рабочая частота выбирается из соотношения

$$f_n \ll f_p \ll f_v \quad (3.10)$$

3.3 Расчет параметров ПЭП.

В этом методе используются обычные контактные преобразователи раздельного типа.

1. Выбор материалов ПЭП
2. Толщина пьезопластины.

$$h_{nn} = \frac{C_{nn}}{2f_p} \quad (3.11)$$

3. Диаметр пьезопластины.

Для ближней зоны:

$$D_{\max} \rightarrow x_0 = \frac{D^2}{4\lambda} \quad (3.12)$$

$$D_{max} = 2\sqrt{x_{\sigma} \cdot \lambda} \quad (3.13)$$

Для дальней зоны: $D_{min} = 2\sqrt{x_{\sigma} \cdot \lambda} \quad (3.14)$

$$x_{\sigma} = \frac{h_{изд}}{2} \quad (3.15)$$

4. Материал протектора:
Выбираем по $Z_{пр}$

$$z_{np} = \sqrt{z_{nn} \cdot z_{жс}} \quad (3.16)$$

5. Толщина протектора

$$h_{np} = \frac{c_{np}}{4fp} \quad (3.17)$$

6. Выбор материала демпфера по возрастанию α (ЭД-5)

7. Толщина демпфера:

$$[мм] \quad h_{np} = \frac{\ln \cdot 1000}{2\lambda} \quad (Нп/мм) \quad (3.18)$$

3.4 Расчет акустического тракта для теневого дефектоскопа.

Определение минимального давления на приемнике

$$p_{min} = \frac{5 \cdot U_{ш}}{d_{11}} \quad (3.19)$$

$$\frac{\xi \cdot \xi_0}{h_{nn}} \quad (3.20)$$

где $U_{шум} = 10$ мкВ

p_{min} - минимальное давление на преобразователе в присутствии дефекта.

P^1 -давление на приемнике в случае отсутствия дефекта.

$$P^1 = k_{\sigma} \cdot p_{min} \quad (3.21)$$

k_{σ} -коэффициент дискриминации

$$k_{\sigma} \geq 5$$

$$1 - 4 \frac{s_e}{s_{nn}} \leq \frac{1}{k_{\partial}} \leq 1 - \frac{s_{\theta}}{s_{nn}} \quad \text{для контроля в ближней зоне} \quad (3.22)$$

$$1 - 4 \frac{s_e}{s_{nn}} \leq \frac{1}{k_{\partial}} \leq 1 - \frac{4s_{\theta} s_a}{\lambda^2 \cdot r^2} \quad \text{для контроля в дальней зоне} \quad (3.33)$$

Sв- площадь дефекта;

r-максимальный путь, который прошла волна до дефекта.

Для стандартного метода контроля $r = h$.

Для иммерсионного контроля $r = h_{жс} + h$

$$k_{\partial} \geq \left(1 - \frac{4s_{\theta} \cdot s_{nn}}{\lambda^2 \cdot r^2} \right)^{-1} \geq 5 \quad (3.34)$$

(если 6, то равно 6) – для дальней зоны;

$$k_{\partial} \geq \left(1 - \frac{4s_{\theta}}{s_{nn}} \right)^{-1} \geq 5 - \text{ для ближней зоны} \quad (3.35)$$

$$s_{\theta} = \frac{\pi b^2}{4} \quad (3.36)$$

$$s_{nn} = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.37)$$

b – минимальный размер диаметра

d – диаметр преобразователя

$$k_{\partial} = \frac{p^1}{p_{\min}} \quad (3.38)$$

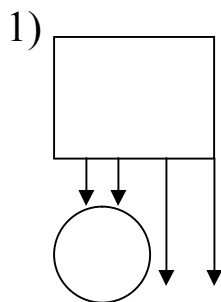


Рисунок 3

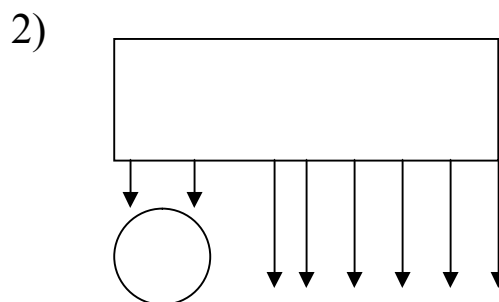


Рисунок 4

k_{∂} больше в первом случае

Рассмотрим стандартный способ контроля

$$r = h$$

Ближняя зона:

$$k_{\partial} \geq \frac{s_{nn}}{s_{nn} - s_{\theta}} \Rightarrow k_{\partial} \cdot s_{nn} - k_{\partial} \cdot s_{\theta} \geq s_{nn} \quad (3.39)$$

$$s_{nn}(k_{\partial} - 1) \geq k_{\partial} \cdot s_{\theta} \quad (3.40)$$

$$s_{nn}(D \min^2) \geq \frac{k_{\partial} \cdot s_{\theta}}{k_{\partial} - 1} \quad (3.41)$$

$$s_{nn} = \frac{k_{\partial} \cdot s_{\theta}}{k_{\partial} - 1} \quad (3.42)$$

Оценим размер диаметра пьезопластины, исходя из фронтальной разрешающей способности

$$\Delta C = \frac{D_{\max}}{2} \quad (3.43)$$

$$D_{\max} = 2 \Delta C$$

$$D_{\max} \geq D \geq D \min^2 \quad (3.44)$$

При расчете параметров пьезопластины определяется ее минимальный диаметр, исходя из размеров ближней зоны.

В неравенстве (3.44) используется максимальный из этих двух минимальных диаметров.

Для контроля в Дальней зоне:

$$K_{\partial} \geq \frac{\lambda^2 \cdot r^2}{\lambda^2 \cdot r^2 - 4s_{\theta} \cdot s_{nn}} \quad (3.45)$$

$$k_{\partial} \cdot \lambda^2 \cdot r^2 - 4K_{\partial} \cdot s_{\theta} \cdot s_{nn} \geq \lambda^2 \cdot r^2 \quad (3.45)$$

$$\lambda^2 r^2 (K_{\partial} - 1) \geq 4 \cdot K_{\partial} \cdot s_{\theta} \cdot s_{nn} \quad (3.46)$$

$$s_{nn}(D \max) \leq \frac{\lambda^2 r^2 (K_{\partial} - 1)}{4 K_{\partial} s_{\partial}} \quad (3.47)$$

Разрешающая способность:

$$\Delta l = \frac{r \cdot \lambda}{D \min} \quad (3.48)$$

$$D \min = \frac{r \cdot \lambda}{\Delta l} \quad (3.49)$$

Р максимальная выбирается исходя из дальней зоны.

Выбирается наименьшее из двух максимальных диаметров.

$$D \min \leq D \leq D \max \quad (3.50)$$

Если $D \min > D \max$, то необходимо использовать иммерсионную ванну.

Иммерсионный метод контроля

$$r = h_{жс} + h_{изд} \quad (3.51)$$

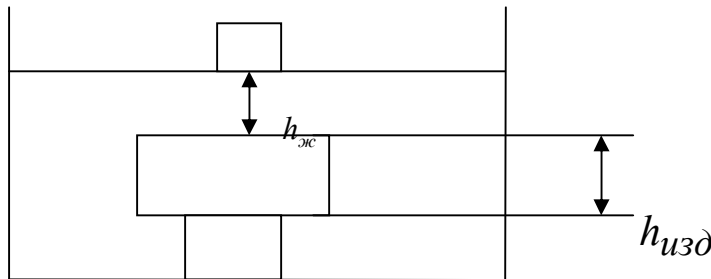


Рисунок 5 - Иммерсионный метод контроля
Дальняя зона

$$h_* \geq x_{\bar{b}}^{жс} = \frac{d^2}{4 \lambda_{жс}}; \text{ где } (x_{\bar{b}}^{жс}) \quad (3.52)$$

ближняя зона жидкости

$$(D \max) S_{np}^{\max} = \frac{(\lambda^2 h^2 + \lambda_*^2 h_*^2)(K_{\partial} - 1)}{4 K_g s_b} \quad (3.53)$$

$$(D \min) = \frac{\lambda_* h_* + \lambda h}{\wedge l} \quad (3.54)$$

$$D \min \leq D \leq D \max \quad (3.55)$$

Определяется минимальный диаметр из разрешающей способности.

$$2,5 = 3$$

3 = 3,5 диаметр определяется из размеров дефектов.

1. выбираем минимальный размер преобразователя равного размеру дефекта +0,5 мм;

2. рассчитываем толщину жидкости по формуле

$$h_*^{\min} = \frac{D \min}{4\lambda_*} \quad (3.56)$$

округляем в большую сторону до целых миллиметров;

$$3. \text{ по формуле } \frac{\lambda_* h_* + \lambda h}{\wedge l} \text{ находим } D \min; \quad (3.57)$$

4. если $D \min_2 < D \max$, то h^* подходящее, иначе подставляем $D \min$ в формулу

$$h_*^{\min} = \frac{D \min}{4\lambda_*} \quad (3.58)$$

рассчитываем новое значение h^* ;

5. определяем максимальный диаметр через формулу для $S_{nn}^{\max}$;

6. устанавливаем Р ПЭП из условия (1).

После выбора диаметра рассчитывается коэффициент дискриминации этого диаметра.

$$K_D = (1 - \frac{4s_{nn}}{\lambda^2 \gamma^2}) \quad (3.59)$$

дальнее значение, причем

$$\lambda^2 r^2 = \lambda^2 h^2 \quad (3.60)$$

$$\lambda^2 r^2 = \lambda^2 h^2 + \lambda_{,h}^2 h_{,h}^2 \quad (3.61)$$

$$K_{\partial} = (1 - \frac{4s_{\partial}}{s_{nn}}) \quad \text{ближнее значение} \quad (3.62)$$

Давление на приемнике в бездефектной зоне:

$$K_{\partial} = P' / P_0 \quad (3.63)$$

После определения давления на приемнике без дефекта, определяется давление на излучателе:

$$\frac{p^1}{p_0} = \frac{s_{\partial} s_{nn} dl^{\alpha r}}{2\lambda\gamma} \quad \text{дальнее значение} \quad (3.64)$$

$$\frac{p'}{P_0} = l^{\alpha r} \quad \text{ближнее значение} \quad (3.65)$$

Ро-давление на излучателе.

При этом для контактного способа:

$$h = r, \lambda r = \lambda h, D=1 \quad (3.66)$$

для иммерсионного способа:

$$r = h + h_{жс}, \quad (3.67)$$

$$\lambda r = \lambda_{жс} h_{жс} + \lambda h \quad (3.68)$$

$$D = \frac{4z_{жс} z_{изд}}{(z_{жс} + z_{изд})^2} \quad (3.69)$$

3.5. Требования к генератору зондирующего сигнала

При контроле в ближней зоне требуется использовать импульсное излучение.

Длительность импульса рассчитывается также как и в эхометодом.

$$\tau = \frac{5}{f_p} \quad (3.70)$$

$$\tau_{\min} = \tau_{\max} + 2\tau_n \quad (3.71)$$

$$\text{где } \tau_{\max} = \frac{h}{C_e} \quad - \quad \text{контрольный способ} \quad (3.72)$$

$$\tau_{\max} = \frac{h}{C_e} + \frac{h_{\text{жс}}}{C_{\text{жс}}} \quad \text{иммерсионный способ} \quad (3.73)$$

$$\tau_n = \frac{1}{4f_p} \quad \text{время нарастания сигнала} \quad (3.74)$$

$$C_p = 1000C_{nn} = 1000 \frac{E_{nn} E_0 S_{nn}}{h_{nn}} \quad \text{разрядная емкость} \quad (3.75)$$

3.6. Таблица предоставления результатов (аналогична эхо-дефектоскопу)

Таблица 3 - Представление результатов

Параметр	Заданное или расчетное значение	Фактическое значение
Схема контроля	Стандартная или иммерсионная	Стандартная или иммерсионная
Зона контроля	Ближняя зона (дальняя зона)	Ближняя зона (дальняя зона)
Верхняя частота	10 МГц	-
Нижняя частота	2 МГц	-
Рабочая частота	-	5 МГц
Параметры ПЭП		
Материал толщины	2 мм	
Диаметр минимальный	3мм	-
Диаметр максимальный	-	-
Диаметр рабочий		4 мм
Материал протектора		
Толщина протектора		
Материал демпфера		
Толщина демпфера		

Параметры контроля Фронтальная разрешающая способность Min B	5 мм	4,33 мм
	3 мм	В фактически определяется по формуле для коэффициента дискриминации при подготовке $k_d=5$
Коэффициент дискриминации	6	6,2
Параметры генератора Вид излучения Импульсный Импульсный Иг Тн Сз	- U мин=0,35 В - -	- Uг=55 В 0,12 мка 10нФ

В качестве иллюстрации к проекту должна быть схема контроля в разделе «схема контроля», схема преобразователя в «Расчет параметров преобразователя»

Блок- схема дефектоскопа - в «Расчет параметров генератора».

Схема дефектоскопа:

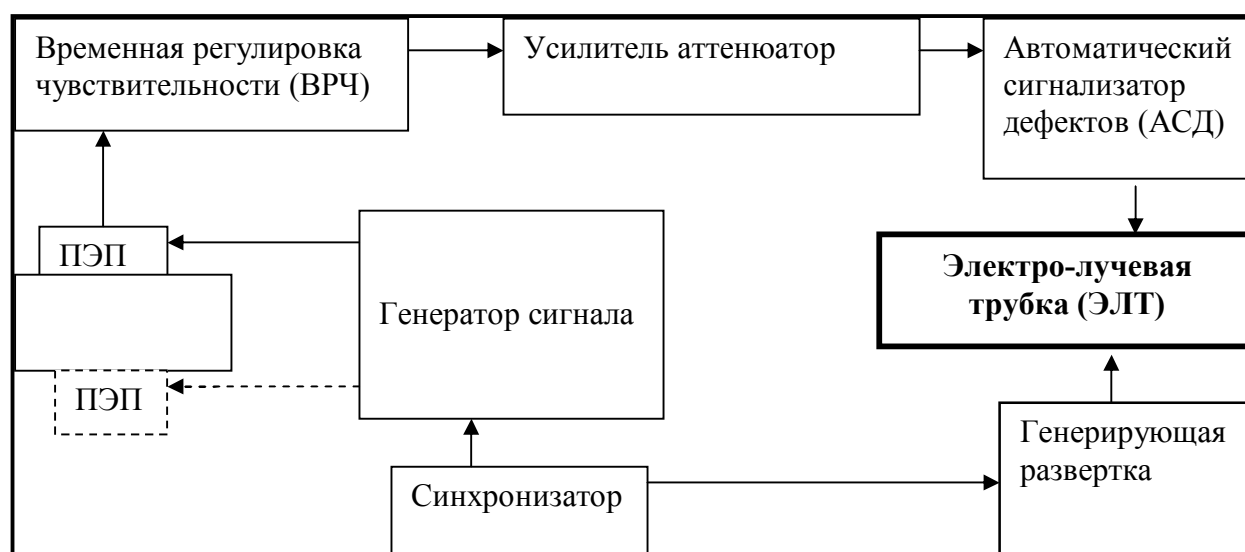


Рисунок 6

В теновом методе и толщиномере отсутствует временная регулировка чувствительности (ВРЧ).

В текущем методе используется отдельный ПЭП.

В толщиномере вместо автоматического сигнализатора дефектов (АСД) – глубиномер.

1.6 Представление результатов

Таблица 1 - Представление результатов

Параметр	Заданное значение	Фактическое значение
Схема контроля	стандартный метод контроля —	иммерсионная схема контроля 2,5 МГц
Рабочая частота	—	4,8 МГц
Верхняя рабочая частота	—	0,5 МГц
Нижняя рабочая частота	—	
Параметры ПЭП		
Толщина ПП	0,387 мм	0,4 мм
min Диаметр ПП	9,7 мм	10 мм
max Диаметр ПП	11,8 мм	—
Диаметр ПП	—	10 мм
Материал ПЭП	—	кварц
Материал протектора	—	ЭД-5
Толщина протектора	0,109 мм	0,11 мм
Материал демпфера	—	ЭД-5+80%W
Толщина демпфера	10,47	11 мм
Параметры контроля		
Разрешающая способность лучевая	3 мм	2,8 мм
Разрешающая способность фронтальная	3 мм	2,5 мм
Минимальный размер дефекта	5 мм	4,2 мм
Зона контроля	дальняя	дальняя $x_B = 10,42 \text{ мм}$
Параметры генератора		
Напряжение U_{Γ}	0,538 ($U_{\Gamma}^{\min}$)	60 В (U_{Γ})
Длительность импульса	1,12 мкс	1,1 мкс
Период следования		
Время нарастания	15,38 мкс	20 мкс
Зарядовая емкость	0,85 мкс	0,9 мкс
	10,85 пФ	11 пФ

2.8 Представление результатов

Представление результатов для толщиномера производится в сводной таблице

Таблица 2 - Представление результатов

Параметр	Заданное значение (расчетное значение)	Фактическое значение
Рабочая частота Верхняя Нижняя Рабочая		
Параметры ПЭП Материал ПП Толщина Диаметр Материал протектора Толщина протектора Материал демпфера Толщина демпфера (Материал призмы RS) (Высота призмы RS)		
Параметры контроля Минимальная толщина(мм), заданная фактически Погрешность(%), заданная фактически Зона контроля Мертвая зона - фактическая		
Параметры генератора Напряжение генератора минимальное, рекомендованное Период следования минимальный, рекомендованный (импульсный режим) Длительность импульса, фактическая (импульсный режим) Время нарастания, фактическое Зарядовая емкость, фактическая		

3.6. Таблица предоставления результатов (аналогична эхо-дефектоскопу)

Таблица 3 - Представление результатов

Параметр	Заданное или расчетное значение	Фактическое значение
Схема контроля	Стандартная или иммерсионная	Стандартная или иммерсионная
Зона контроля	Ближняя зона (дальняя зона)	Ближняя зона (дальняя зона)
Верхняя частота	10 МГц	-
Нижняя частота	2 МГц	-
Рабочая частота	-	5 МГц
Параметры ПЭП		
Материал толщины	2 мм	
Диаметр минимальный	3мм	-
Диаметр максимальный	-	-
Диаметр рабочий		4 мм
Материал протектора		
Толщина протектора		
Материал демпфера		
Толщина демпфера		
Параметры контроля		
Фронтальная разрешающая способность	5 мм	4,33 мм
Min B	3 мм	В фактически определяется по формуле для коэффициента дискриминации при подготовке $k_D=5$
Коэффициент дискриминации	6	6,2
Параметры генератора		
Вид излучения	-	-
Импульсный		
Импульсный		
Иг	U мин=0,35 В	Uг=55 В
Тн	-	0,12 мка
Сз	-	10нФ

В качестве иллюстрации к проекту должна быть схема контроля в разделе «схема контроля», схема преобразователя в «Расчет параметров преобразователя»

Блок- схема дефектоскопа - в «Расчет параметров генератора».

Схема дефектоскопа:

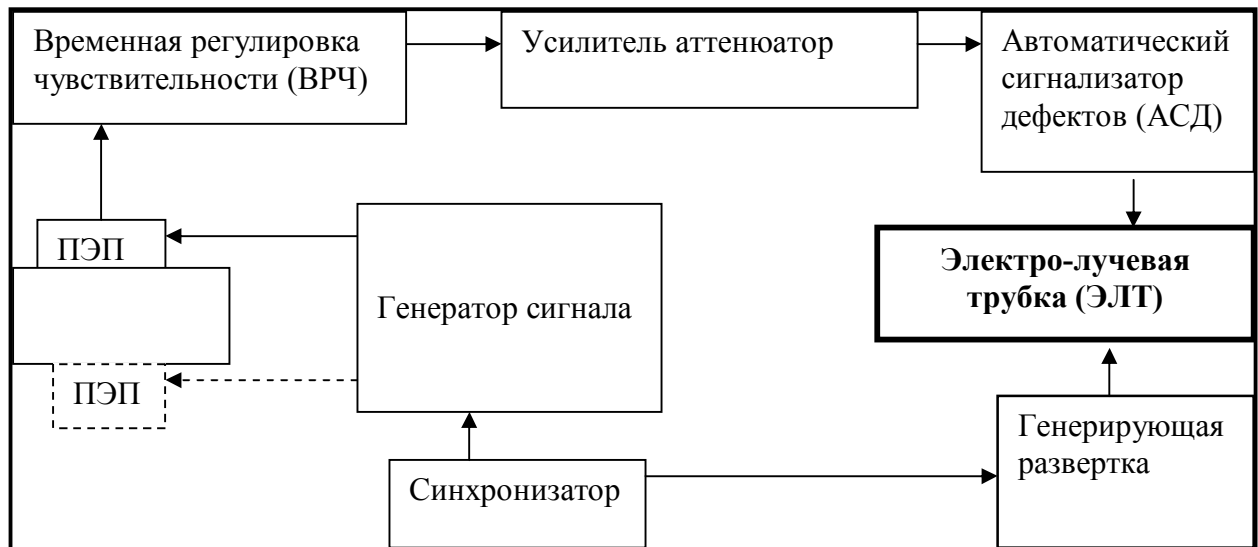


Рисунок 6

В теновом методе и толщиномере отсутствует временная регулировка чувствительности (ВРЧ).

В текущем методе используется отдельный ПЭП.

В толщиномере вместо автоматического сигнализатора дефектов (АСД) – глубиномер.