

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 23702—79

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Министерством приборостроения, средств автоматизации и систем управления

ИСПОЛНИТЕЛИ

Г. И. Шалашов; **А. Ф. Мелькановичч**, канд. техн. наук; **Л. М. Кушкулей**, канд. физ.-мат. наук; **И. Г. Леонов**; канд. техн. наук; **Е. И. Серегин**; **Г. Н. Пичугин**; **В. И. Панин**; **А. А. Романко**

ВНЕСЕН Министерством приборостроения, средств автоматизации и систем управления

Член Коллегии **М. С. Шкабардня**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 11 июня 1979 г. № 2099

УДК 53.087.92.082.73:620.179.16.05:006.354 Группа П18

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Контроль неразрушающий

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ

Основные параметры и методы их измерений

Non destructive testing
Ultrasonic transducers
Basis parameters and measuring methods

ГОСТ 23702—79

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 11 июня 1979 г. № 2099 срок действия установлен

с 01.01. 1981 г.
до 01.01. 1986 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП), используемые в эхо- и теневом методах контроля и имеющие полосу частот пропускания в диапазоне от 0,16 до 30,0 МГц, и устанавливает перечень основных электрических и акустических параметров (характеристик) ПЭП и методы их измерений при проведении контроля, испытаний и поверки.

Номенклатура измеряемых параметров (характеристик) должна устанавливаться в стандартах или технических условиях на преобразователи конкретных типов.

Определения и условные обозначения терминов, применяемых в стандарте, приведены в справочном приложении 1.

1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

1.1. Основные параметры (характеристики), общие для всех ПЭП, приведены в табл. 1.

Примечание. Для ПЭП, входящих в состав специализированных средств ультразвукового неразрушающего контроля, перечень обязательных параметров (характеристик) допускается устанавливать по требованию заказчика.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

★

© Издательство стандартов, 1979

Таблица 1

Параметры и характеристики	Совмещенного ПЭП	Раздельного ПЭП
Амплитудно-частотная характеристика $АЧХ_{UU}$	+	0
Частота максимума преобразования f_{UU}	+	0
Полоса пропускания Δf_{UU} или неравномерность B_{UU}	+	0
Коэффициент преобразования K_{UU}	+	0
Амплитудно-частотная характеристика $АЧХ_{UI}$	0	+
Частота максимума преобразования f_{UI}	0	+
Полоса пропускания Δf_{UI} или неравномерность B_{UI}	0	+
Коэффициент преобразования K_{UI}	0	+
Электрическое сопротивление $Z^{н}_{п.э}$	+	+
Электрическое сопротивление $Z^{с}_{п.э}$	0	+
Электрические сопротивления $Z^{он}_{п.э}$ или $Z^{рн}_{п.э}$, $Z^{ан}_{п.э}$	0	+
Диаграмма направленности P_1 или P_2	+	+
Ширина диаграммы направленности Θ_1 или Θ_2	+	+
Угол ввода β_1 или β_2	+	+

Условные обозначения в табл. 1—3:

«+» — параметр (характеристика), устанавливаемый в стандартах или технических условиях на ПЭП конкретных типов;

«0» — параметр (характеристика), не устанавливаемый в стандартах или технических условиях на ПЭП конкретных типов.

1.2. Для фокусирующих и наклонных раздельно-совмещенных ПЭП вместо параметров P_1, P_2, Θ_1, Θ_2, приведенных в табл. 1, устанавливаются параметры, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Фокусирующих ПЭП	Наклонных раздельно-совмещенных ПЭП
Фокусное расстояние F	+	+
Протяженность фокальной области $\varkappa_1$	+	0
Протяженность фокальной области $\varkappa_2$, $\varkappa_3$	+	0

1.3. ПЭП, предназначенные для работы с импульсными толщиномерами и дефектоскопами с малой «мертвой» зоной, характеризуются не только параметрами, приведенными в табл. 1, но и дополнительными параметрами, устанавливаемыми в табл. 3. При этом параметры (характеристики) в табл. 1 $АЧХ_{UU}$, f_{UU}, Δf_{UU} и K_{UU} являются необязательными.

Таблица 3

Параметры импульсной характеристики ПЭП	Область применения ПЭП	
	Толщинометрия	Дефектоскопия
Импульсный коэффициент преобразования $K^{и}_{UI}$	+	+
Мгновенные значения импульсной характеристики $U^{р}_{1}$, $U^{р}_{2}$, $U^{а}_{1}$	+	0
Временные интервалы импульсной характеристики $t^{р}_{1}$, $t^{р}_{2}$, $t^{а}_{1}$	+	0
Временной интервал импульсной характеристики t_{max}	0	+
Длительность импульсной характеристики t_N	+	+

1.4. Указанные в табл. 1 характеристики ПЭП: амплитудно-частотная характеристика $АЧХ_{UU}$, амплитудно-частотная характеристика $АЧХ_{UI}$, диаграмма направленности P_1 или P_2 являются необязательными, если их графики имеют только один экстремум в области измерений.

1.5. В технически обоснованных случаях для контактных наклонных ПЭП устанавливается параметр — точка выхода ультразвукового луча.

Метод измерения указанного параметра — по ГОСТ 14782—76.

1.6. Указанный в табл. 1 параметр ПЭП — электрическое сопротивление $Z^{и}_{пэ}$ является необязательным, если его график имеет в рабочей области частот только два экстремума, соответствующих частотам резонанса и антирезонанса.

1.7. Указанные в табл. 3 параметры ПЭП — мгновенные значения импульсной характеристики $U^{р}_{1}$, $U^{р}_{2}$, $U^{а}_{1}$ и временные интервалы импульсной характеристики $t^{р}_{1}$, $t^{р}_{2}$, $t^{а}_{1}$ являются необязательными, если последние равны или превышают интервал импульсной характеристики t_{max}.

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

2.1. Электронные радиоизмерительные приборы

2.1.1. Анализатор спектра должен иметь следующие параметры:

диапазон частот не менее 0,1—35,0 МГц;

полоса пропускания на уровне 3 дБ регулируется в пределах 3—70 кГц;

чувствительность не менее 150 мкВ;

погрешность отсчетного аттенюатора не более ±1,0 дБ.

2.1.2. Генератор импульсов синхронизации должен иметь следующие параметры:

диапазон длительностей импульсов не уже 0,4—1000 мкс;

диапазон амплитуд выходного напряжения не уже 0,005—50,0 В;

диапазон задержки основного импульса относительно синхроимпульса не уже 0,1—1000 мкс.

2.1.3. Генератор видеоимпульсов — генератор ударного возбуждения ультразвукового дефектоскопа должен иметь следующие параметры:

минимальное значение импульса тока на нагрузке $C=1000$ пФ не менее 2 А;

длительность импульса тока на уровне 0,1 мкс не более $^1/_2 f_0$, где f_0 — номинальная частота преобразования.

2.1.4. Генератор синусоидальных сигналов должен иметь следующие параметры:

диапазон частот не уже 0,1—35,0 МГц;

основная погрешность установки частоты не более 1%;

диапазон выходных напряжений не уже $5 \cdot 10^{-5}$—$5 \cdot 10^{-1}$ В.

2.1.5. Генератор радиоимпульсов должен иметь следующие параметры:

диапазон частот заполнения радиоимпульсов (ν) не уже 0,1—35,0 МГц;

длительность радиоимпульсов должна регулироваться в пределах $5\nu^{-1}$ — $39\nu^{-1}$ мкс;

длительность фронтов не более ($5{,}15$—$0{,}16\nu$) мкс;

частота следования радиоимпульсов в пределах диапазона 10—1000 Гц;

максимальная амплитуда напряжения радиоимпульса на нагрузке, состоящей из параллельно соединенных емкости $C=1000$ пФ и сопротивления $R=50$ Ом не менее (100—$2{,}6\nu$) В;

подавление сигналов в паузе между радиоимпульсами не менее 80 дБ.

2.1.6. Графопостроитель — графопостроитель зависимостей $y=f(x)$, $y=f(t)$ должен иметь следующие параметры:

размер рабочего поля записи графика не менее 20×30 см;

диапазон масштабов регистрации по обоим каналам не уже 0,1—25,0 мВ/см;

погрешность записи не более ±1%.

2.1.7. Измеритель *АЧХ* — прибор для исследования амплитудно-частотных характеристик должен иметь следующие параметры:

диапазон частот не у́же 0,1—35,0 МГц;

погрешность измерения амплитуды не более $\pm(0{,}4+0{,}1A)$ дБ, где A — измеренная относительная амплитуда в дБ.

2.1.8. Частотомер электронносчетный должен иметь следующие параметры:

диапазон частот не у́же 0,1—35,0 МГц;

входное напряжение не более 0,1—1,5 $В_{эфф}$;

основная относительная погрешность измерения частоты не более 0,1%.

2.1.9. Осциллограф универсальный должен иметь следующие параметры:

полоса пропускания при неравномерности 3 дБ не у́же 0—35,0 МГц;

входное сопротивление не менее 1,0 МОм;

входная емкость не более 30,0 пФ;

основная погрешность измерения амплитуды импульсного сигнала не более 5%;

максимальная амплитуда исследуемого сигнала не менее 250 В;

максимальная чувствительность не менее 5 мВ/см.

2.1.10. Входной делитель — ограничитель должен иметь следующие параметры:

полоса пропускания входного делителя при неравномерности 3 дБ не у́же 0,1—35,0 МГц;

коэффициенты деления не менее 0, 20, 40 дБ;

погрешность коэффициента деления не более 0,25 дБ;

напряжение кратковременной перегрузки по входу не менее 100 В;

уровень ограничения при коэффициенте деления 0 дБ не менее 2 В;

выходное сопротивление 75 Ом.

2.1.11. Усилитель с временным селектором должен иметь следующие параметры:

полоса пропускания на уровне 3 дБ не у́же 0,16—35,0 МГц;

коэффициент усиления усилителя не менее 60 дБ;

входное сопротивление 75 Ом;

диапазон регулировки коэффициента усиления не у́же 0—60 дБ;

минимальная цена деления аттенюатора 0,5 дБ;

погрешность аттенюатора 0,5 дБ;

длительность интервала пропускания селектора с плавной регулировкой не менее 0,5—100,0 мкс;

максимальное выходное напряжение не более 5 В;

ослабление сигнала вне интервала пропускания не менее 40 дБ;

амплитуда выбросов в начале и конце интервала пропускания не более 0,2 В;

длительность выбросов не более 0,1 мкс.

Допускается использование двух приборов: усилителя и селектора при последовательном их включении, если они удовлетворяют изложенным выше требованиям.

2.1.12. Электронный блок ультразвукового дефектоскопа должен иметь следующие параметры:

амплитуда импульса генератора при нагрузке на емкость $C = 1000$ пФ не менее 100 В;

диапазон номинальных частот не уже 0,2—25,0 МГц;

длительность переднего фронта импульса на нагрузке $C = 1000$ пФ не более 0,04 мкс;

цена деления аттенюатора 1 дБ;

погрешность ослабления аттенюатора на каждые 10 дБ не более 1 дБ;

максимальная чувствительность приемника не менее 50 мкВ;

диапазон ослабления аттенюатора 0—66,0 дБ.

Примечания:

1. Радиоизмерительные приборы, у которых метрологические характеристики зависят от частоты, должны иметь нормированные значения характеристик в диапазоне не менее 0,16—30,0 МГц.

2. Допускается в обоснованных случаях использование средств измерения на более узкие диапазоны параметров, если свойства ПЭП позволяют обеспечить погрешности измерения его параметров без ухудшения точности.

2.2. Акустические нагрузки (далее — нагрузки) для измерения параметров ПЭП в каждом конкретном случае выбирают в зависимости от его типа, измеряемого параметра, частотного диапазона и схемы измерения. Во всех случаях измерения параметров иммерсионных ПЭП нагрузкой является питьевая вода по ГОСТ 2874—73.

Все акустические нагрузки, изготовленные из твердых материалов, должны быть аттестованы по акустическим и геометрическим параметрам.

2.2.1. *Нагрузки для измерения параметров передаточных функций и импульсных характеристик ПЭП.*

2.2.1.1. Нагрузки с отражающей поверхностью для измерения параметров прямого и наклонного контактного ПЭП должны удовлетворять требованиям черт. 1 и 2 соответственно.

Материалы, из которых изготовлены нагрузки, их геометрические размеры и акустические характеристики должны соответствовать указанным в табл. 4.

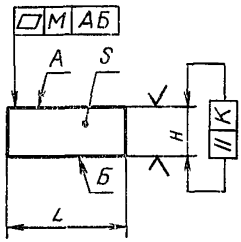
Таблица 4

Параметры акустических нагрузок

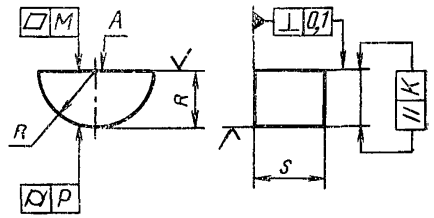
Диапазон частот, МГц	Материал	Высота H или радиус R, мм	Параметр шероховатости RZ по ГОСТ 2789—73, мкм	Отклонение от лоскостности M, не более	Отклонение от цилиндричности, не более	Отклонение от параллельности K, не более	Затухание звука, дБ/см, не более	Скорость звука, м/с	Номер чертежа	L/S, мм
0,16—1,0	Стекло органическое по ГОСТ 17622—72	(75), 125	20	0,05	—	0,1	1,0	2710 ±100	1	250/ 0
1,0—14,0	Сплав алюминиевый Д16Т по ГОСТ 4784—74	(25), 50	2,5	0,02	—	0,04	0,5	6420 ±100	1	90/70
0,6—7,5	Сталь 45 по ГОСТ 1050—74	25, (50), 75	0,63	0,02	—	0,04	0,5	5915 ±120	1	90/70
5,0—30,0	Стекло кварцевое КУ-2 по ГОСТ 15130—69	(25), 50	0,32	0,01	—	0,02	0,015	5970 ±30	1	50 (диаметр)
0,16—1,0	Стекло органическое по ГОСТ 17622—72	(75), 125	20	0,05	0,1	0,1	1,0	2710 ±100	2	—/100
1,0—14,0	Сплав алюминиевый Д16Т по ГОСТ 4784—74	(25), 50	2,5	0,02	0,04	0,04	0,5	6420 ±100	2	—/70
0,6—7,5	Сталь 45 по ГОСТ 1050—74	25, (50), 75	0,63	0,02	0,04	0,04	0,5	5915 ±120	2	—/70
5,0—30,0	Стекло кварцевое КУ-2 по ГОСТ 15130—69	(25), 50	0,32	0,01	0,02	0,015	0,015	5970 ±30	2	—/25

Примечание. Размеры, указанные в скобках, допускается не применять

Поверхность *А* является рабочей поверхностью нагрузки. Нагрузки, выполненные из стали, алюминиевого сплава, органического стекла, должны быть аттестованы по коэффициенту затухания в рабочем диапазоне частот с погрешностью 0,05 дБ/см.

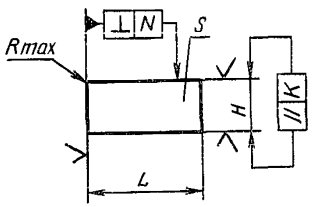


Черт. 1



Черт. 2

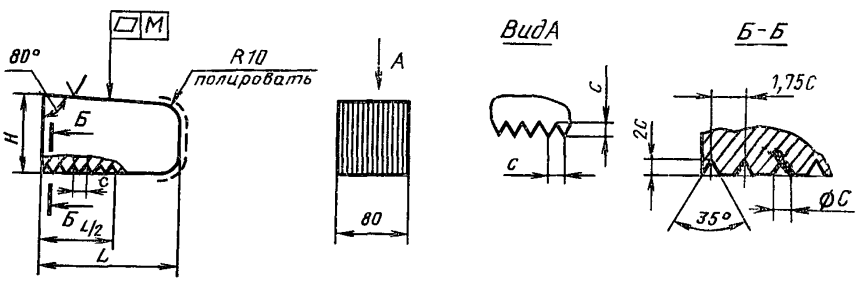
2.2.1.2. Нагрузки с отражающей гранью для измерения параметров контактных ПЭП, предназначенных для возбуждения поверхностных волн, волн в пластинах и стержнях, должны соответствовать черт. 3.



Черт. 3

Требования к указанным геометрическим размерам, материалам, из которых изготовляют нагрузки, скорость звука соответствующей колебательной моды и затухание звука должны быть указаны в стандартах и технических условиях на конкретные типы ПЭП.

2.2.2. Нагрузка для измерения параметров электрического импеданса ПЭП контактного типа должна соответствовать черт. 4 и табл. 5.



Высота *Н* не менее 140 мм

Черт. 4

Таблица 5

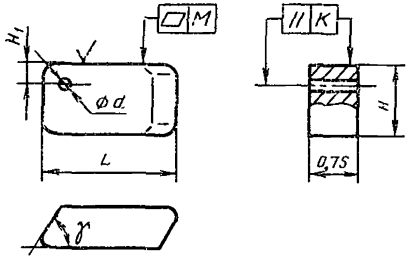
Параметры акустических нагрузок

Диапазон частот, МГц	Материал	Длина L, мм, не менее	Параметр C, мм	Параметр шероховатости R_z по ГОСТ 2789—73, мкм	Отклонение от плоскостности, M, не более
0,16—1,0	Стекло органическое по ГОСТ 17662—72	200,0	5,0	20	0,05
1,0—30,0	Сплав алюминиевый Д16Т по ГОСТ 4784—74	150,0	2,5	2,5	0,02
0,6—7,5	Сталь 45 по ГОСТ 1050—74	150,0	2,5	0,63	0,02

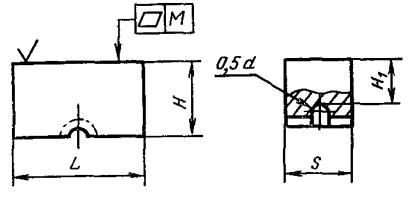
Конические сверления диаметром C образуют плотную упаковку. Допускается деформация стенок конических отверстий.

2.2.3. *Нагрузки для измерения параметров диаграммы направленности контактных ПЭП.*

2.2.3.1. Нагрузки для измерения параметров диаграммы направленности прямых и наклонных ПЭП должны соответствовать черт. 5 и 6.



Черт. 5



Черт. 6

Материал, из которого они изготовлены, их геометрическая форма и акустические характеристики должны соответствовать указанным в табл. 6. При этом должны выполняться условия:

длина L не более 350 мм;

ширина S не более 160 мм;

высота H не более 130 мм.

Глубину H_1 залегания цилиндрического отверстия d выбирают из ряда 10 K, где $K=1, 2, 3, \ldots$. В обоснованных случаях допускается отклонение от указанных требований на высоту H.

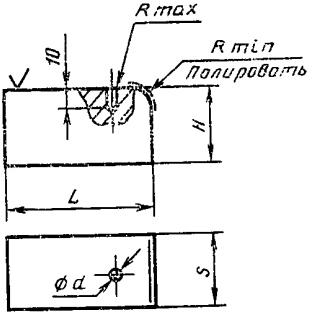
Таблица 6

Параметры акустических нагрузок

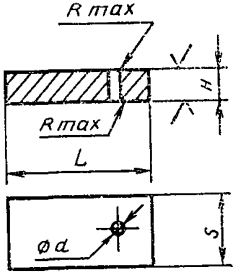
Диапазон частот, МГц	Материал	Диаметр d, мм	Параметр шероховатости Rz по ГОСТ 2789—73, мкм	Отклонение от плоскостности M, не более	Отклонение от параллельности K, не более	Затухание звука, дБ/см, не более	Номинальная скорость звука, м/с	Допускаемые отклонения скорости звука, м/с
0,16—1,0	Стекло органическое по ГОСТ 17662—72	10,0	20	0,05	0,1	1,0	2710	±100
0,6—7,5	Сталь 45 по ГОСТ 1050—74	5,0	2,5	0,02	0,05	0,5	5915	±120
1,0—5,0	Сплав алюминиевый Д16Т по ГОСТ 4784—74	5,0	2,5	0,02	0,05	0,5	6420	±100
5,0—30,0	Сплав алюминиевый Д16Т по ГОСТ 4784—74	2,0	0,63	0,01	0,02	0,5	6420	±100

Нагрузка по величине вариации коэффициентов затухания должна быть аттестована с погрешностью не хуже 0,05 дБ/см.

2.2.3.2. Нагрузки для измерения параметров ПЭП, используемых для возбуждения поверхностных волн, волн в пластинах и стержнях, должны соответствовать черт. 7 и 8.



Черт. 7



Черт. 8

Материал, из которого они изготовлены, их геометрические размеры, скорость распространения используемой колебательной моды и затухание звука должны быть указаны в стандартах и технических условиях на ПЭП конкретных типов.

2.3. Отражатели УЗК, используемые для измерения параметров ПЭП

2.3.1. Плоский отражатель для измерения параметров передаточных функций, импульсной характеристики и диаграммы направленности иммерсионных ПЭП должен представлять собой диск радиусом R и толщиной H, изготовленный из нержавеющей стали. Параметр шероховатости рабочей поверхности $Rz \leqslant 0{,}63$ мкм по ГОСТ 2789—73. Отклонение от плоскостности не должно быть более 0,02 мм. Размеры отражателя должны удовлетворять следующим условиям:

толщина H не менее 25 мм;

радиус R не менее 30 мм.

Примечания:

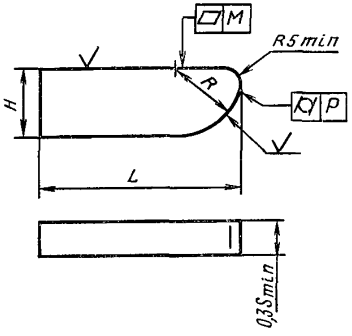
1. Радиус отражателя должен быть таким, чтобы при перемещении ПЭП в плоскости, параллельной его рабочей поверхности, на расстояния, равные диаметру ПЭП, изменения значения коэффициента преобразования не превышали 5%.

2. Плоский отражатель может иметь прямоугольную форму, при этом его линейные размеры в рабочей плоскости должны быть не менее $2R$.

3. Допускается конструктивное совмещение нагрузок, изображенных на черт. 1; 3; 5, 6, 7. В нагрузках, изображенных на черт. 5 и 6, допускается выполнение нескольких отражающих пазов или отверстий.

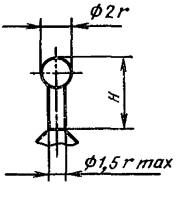
2.3.2. Цилиндрический отражатель для измерения угла ввода наклонных контактных ПЭП должен соответствовать черт. 9.

Материал, из которого он изготовлен, геометрические размеры и акустические характеристики должны соответствовать п. 2.2.3.1 и табл. 4. Радиус цилиндрического отражателя должен быть измерен с погрешностью не более 0,01 мм.



Черт. 9

2.3.3. Сферический отражатель для измерения диаграммы направленности и фокусного расстояния иммерсионных ПЭП должен соответствовать черт. 10 и должен быть изготовлен из нержавеющей стали.



Черт. 10

Его радиус выбирают из ряда: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 5,0, 10,0 мм. Высота H — не менее 25 мм.

2.3.4. Нитевой отражатель для измерения параметров фокусирующих ПЭП — металлическая проволока, диаметр которой выбирают из ряда: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 мм.

2.4. Механические устройства, используемые для измерения диаграммы направленности и фокусного расстояния

2.4.1. Механизм перемещения по координате φ должен иметь следующие параметры:

диапазон измерения $\varphi \pm 30°$;

погрешность определения φ не более 0,2°;

отклонение от соосности посадочного отверстия не более $\pm 0{,}5$ мм;

радиальные биения установленного ПЭП не более $\pm 0{,}15$ мм;

отклонение геометрической оси ПЭП с круговым цилиндрическим корпусом от оси механизма не более 5 мин;

диапазон расстояний от рабочей поверхности ПЭП до отражателя не менее 0—200 мм;

погрешность отсчета расстояния не более 0,5 мм.

2.4.2. Механизм перемещения по координатам X_1, X_2 должен иметь следующие параметры:

радиальное биение ПЭП не более ±0,2 мм;

неперпендикулярность перемещения по координатам X_1, X_2 — не более 0,15 мм;

погрешность определения положения координатного стола — не более 0,25 мм;

погрешность определения угла поворота ПЭП вокруг оси X_3 в секторе 180° не более 30 мин;

вариации акустического контакта механизма перемещения при оценке амплитуды эхо-сигнала не более 3 дБ;

усилие прижатия ПЭП к нагрузке — не более 50 Н.

2.4.3. Механизм перемещения по координате X_3 должен иметь следующие параметры:

пределы перемещения — не менее 0—200,0 мм;

погрешность определения перемещения — не более 0,25 мм;

биение контрольного стола — не более 0,02 мм.

2.4.4. Кабель соединительный должен иметь следующие параметры:

волновое сопротивление 50±3 Ом;

коэффициент затухания на частоте 10,0 МГц — не более 0,1 дБ/м;

емкость 60±3 пФ.

2.4.5. Допускается применение автоматических средств измерений, обеспечивающих требования настоящего стандарта по погрешностям измерений и аттестованных в установленном порядке.

Перечень рекомендуемых средств измерений приведен в справочном приложении 2. Условные обозначения нагрузок и отражателей приведены в обязательном приложении 3.

3. УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Нормальные значения (области значений) влияющих величин, характеристик климатического воздействия и электропитания средств измерений должны соответствовать следующим:

температура окружающего воздуха 20±5°С;

относительная влажность воздуха 65±15%;

атмосферное давление 100±4 кПа (750±30 мм рт. ст.);

напряжение питающей сети 220±4,4 В;

частота питающей сети 50 Гц.

Предельные отклонения частоты 50 Гц и содержание гармоник — по ГОСТ 13109—67.

3.2. Вибрации, внешние электрические или магнитные поля должны либо отсутствовать, либо находиться в пределах, не влияющих на работу дефектоскопов и измерительной аппаратуры.

3.3. Время прогрева приборов, используемых при проведении измерений, устанавливают в соответствии с техническим описанием на приборы.

3.4. Температура воды в иммерсионной ванне 20±5°С.

3.5. Время отстоя воды в иммерсионной ванне после наполнения — не менее 24 ч.

3.6. При измерении параметров иммерсионных ПЭП не допускается наличие пузырьков воздуха на их поверхности и на поверхности отражателя.

3.7. Если совместная работа ПЭП в составе средств неразрушающего контроля предусматривает использование согласующих устройств (трансформаторов, корректирующих цепей и т. п.), условия подключения последних к ПЭП при проведении измерений должны быть указаны в стандартах и технических условиях на конкретные типы ПЭП.

3.8. Если конструкция ПЭП предусматривает наличие соединительного кабеля длиной не менее 50 см, измерение всех параметров (характеристик) производят с данным кабелем. Во всех остальных случаях при измерении передаточных функций, импульсных характеристик и электрических сопротивлений подключение ПЭП к измерительной установке производят соединительным кабелем согласно п. 2.4.4.

4. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Устанавливаются две группы методов измерения. Методы измерения первой группы обеспечивают бо́льшую точность измерения при относительно больших затратах времени, чем методы второй группы измерения.

В дальнейшем изложении фразой «Методы второй группы» будут выделены только методы, относящиеся ко второй группе.

4.2. Методы определения параметров передаточных функций — амплитудно-частотной характеристики $АЧХ_{UU}$ ($АЧХ_{UI}$), коэффициента преобразования K_{UU} (K_{UI}), частоты максимума преобразования f_{UU} (f_{UI}), полосы пропускания Δf_{UU} (Δf_{UI}) и неравномерности $АЧХ_{UU}$ ($АЧХ_{UI}$).

4.2.1. Устанавливаются два метода определения параметров передаточных функций. Метод I основан на возбуждении ПЭП радиоимпульсом с прямоугольной огибающей и последующим измерением отношения амплитуд эхо-сигналов и импульсов возбуждения в разных точках рабочего диапазона частот. Метод I позволяет измерить все параметры передаточных функций и является предпочтительным. Метод II основан на возбуждении ПЭП корот-

ким электрическим видеоимпульсом и последующим измерением отношения амплитуд огибающей спектра эхо-сигнала и огибающей спектра импульса возбуждения. Время измерения параметров ПЭП методом II меньше чем методом I. Погрешность измерения параметров передаточных функций ПЭП методом II больше, нежели методом I. Метод II не рекомендуется применять при измерении параметров ПЭП:

а) с сильно выраженными радиальными колебаниями в низкочастотной области;

б) с малым значением коэффициентов преобразования;

в) с узкой полосой пропускания.

4.2.2. *Определение параметров передаточных функций ПЭП методом I.*

4.2.2.1. Подготовка к измерению. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 11. Значение сопротивления резистора выбирают из условия $R \ll Z_{\text{пэ}}^{\text{н}}/20$. Устанавливают ослабление аттенюатора входного делителя 40 дБ. Нагрузку для измерения параметров контактного ПЭП выбирают в зависимости от частотного диапазона (см. табл. 4) и типа ПЭП. Схема расположения ПЭП на нагрузке должна соответствовать черт. 12—17. При этом каждой из указанных схем соответствуют следующие ПЭП: черт. 12 — контактные прямые; черт. 13 — контактные наклонные; черт. 14 — контактные наклонные для возбуждения поверхностных волн; черт. 15 — контактные наклонные для возбуждения нормальных волн; черт. 16 — иммерсионные и контактные наклонные раздельно-совмещенные; черт. 17 — иммерсионные фокусирующие.

Высоту H (см. черт. 12) и радиус R (см. черт. 13) выбирают из приведенных в п. 2.2.1 рядов, а расстояния l_1, l_2 (черт. 14, 15) из ряда $2{,}5\times2^{\text{к}}$ мм, к= 0, 1, 2. . . . При этом следует выбрать наименьшее возможное расстояние, для которого погрешностью, вызванной переходными процессами в усилительном тракте, можно пренебречь. Расстояния l_3, l_4 (черт. 16, 17) устанавливаются равными фокусному расстоянию F.

4.2.2.2. Проведение измерений. Подключают ПЭП к установке. При этом излучатель раздельного ПЭП соединяют с разъемом *Ш1*, а приемник — с разъемом *Ш2*. Совмещенный ПЭП соединяют с разъемом *Ш1*. Переключатель *В* устанавливают в положение 1. Органами управления генератора импульсов и селектора усилителя устанавливают зону строба селектора в области ожидаемого первого эхо-сигнала от отражающей поверхности.

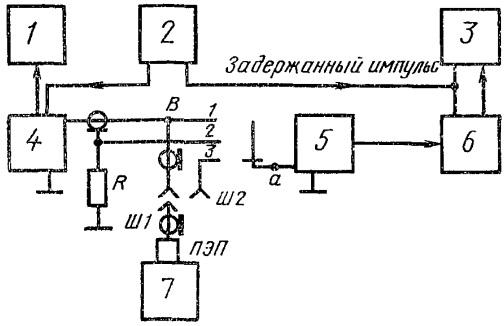
Устанавливают аттенюаторами усилительного тракта (входного делителя, усилителя и осциллографа) амплитуду эхо-сигнала на экране осциллографа, удобную для наблюдения, и длительность генератора импульсов τ_N, при которой эхо-сигнал имеет не менее трех периодов установившихся колебаний, но не более

$$\tau_N = 2l/v, \qquad (1)$$

где l — расстояние от ПЭП до отражающей поверхности, мм;

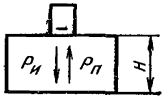
v — скорость звука в материале нагрузки, мм/с.

Притирая ПЭП к поверхности нагрузки, добиваются устойчивого повторения максимального значения эхо-сигнала с отклонением не более ±1 дБ.

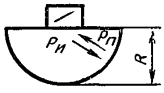


1 — частотомер; *2* — генератор импульсов; *3* — осциллограф; *4* — генератор радиоимпульсов; *5* — входной делитель; *6* — усилитель; *7* — акустическая нагрузка

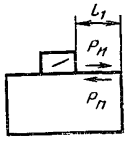
Черт. 11



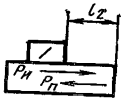
Черт. 12



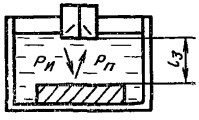
Черт. 13



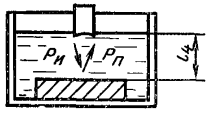
Черт. 14



Черт. 15



Черт. 16



Черт. 17

При проведении измерений по схемам, представленным на черт. 13—17, следует, изменяя ориентацию ПЭП относительно отражающей поверхности, добиваться максимального значения эхо-сигнала. Устанавливают максимальное значение эхо-сигнала по экрану осциллографа, равное U_1, и фиксируют сумму показаний аттенюаторов усилительного тракта $A_э$. Органами управления генератора импульсов устанавливают задержку импульса синхронизации, равную нулю, при этом на экране осциллографа дол-

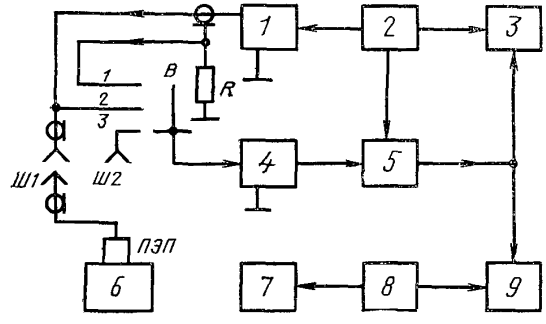
жно появиться изображение импульса генератора. Аттенюаторами входного делителя и усилителя устанавливают максимальное значение импульса генератора, равное U_1, и фиксируют сумму показаний аттенюаторов усилительного тракта A_U. Устанавливают переключатель *B1* в положение *2*. Аттенюаторами входного делителя и усилителя устанавливают максимальное значение импульса генератора, равное U_1, и фиксируют сумму показаний аттенюаторов A_1. При определении $A_э$ раздельного ПЭП переключатель *B* устанавливают в положение 3.

Устанавливают частоту генератора в десяти равномерно расположенных точках рабочей области частот ПЭП и фиксируют показания аттенюаторов $A_{tэ}$, A_{iU}, A_U, где $i=1, 2 \ldots 10$.

Для уменьшения случайной составляющей погрешности, обусловленной нестабильностью акустического контакта, до величины, не превышающей 0,5 дБ, измерения проводят n раз. Величину n определяют по формуле $n=4N_1^2$, где N_1 — разброс максимального значения эхо-сигналов в дБ.

4.2.3. *Определение параметров передаточных функций ПЭП по методу II.*

4.2.3.1. Подготовка к измерениям. Собирают установку по схеме, представленной на черт. 18. Значение сопротивления резистора R выбирают из условия $R \leqslant Z_{пэ}^{н}/20$. Устанавливают переключа-



1 — генератор видеоимпульсов; *2* — генератор импульсов; *3* — осциллограф; *4* — входной делитель; *5* — усилитель; *6* — акустическая нагрузка; *7* — частотомер; *8* — ГСС; *9* — анализатор спектра

Черт. 18

тель *B1* в положение *2*, а ослабление аттенюатора входного делителя 40 дБ. Выбирают нагрузку и устанавливают на ней ПЭП согласно п. 4.2.2.1.

4.2.3.2. Проведение измерений. Подключают ПЭП к установке путем подсоединения совмещенного ПЭП через разъем *Ш1*; для

раздельного ПЭП излучатель соединяют с разъемом *Ш1*, а приемник с разъемом *Ш2*.

Органами управления генератора импульса и селектора усилителя устанавливают по экрану осциллографа зону строба селектора в области ожидаемого первого эхо-сигнала от отражающей поверхности. Длительность строба селектора устанавливают максимальной. Аттенюаторами усилительного тракта устанавливают амплитуду эхо-сигнала на экране осциллографа в масштабе, удобном для наблюдения. Притирают ПЭП к поверхности нагрузки и добиваются максимального значения эхо-сигнала, как указано в п. 4.2.2.2.

Длительность строба селектора и его задержку устанавливают такими, чтобы в зону строба попадал только исследуемый эхо-сигнал. Органами управления анализатора спектра устанавливают изображение модуля спектральной функции $|S(\omega)|$ в рабочей области частот в масштабе, удобном для проведения измерения. Перестраивая частоту генератора синусоидальных сигналов, совмещают на экране анализатора спектра метку частоты с максимумом огибающей $|S(\omega)|$ в рабочей области частот. Частотомером фиксируют соответствующую частоту f_m. Выключают метку частоты и устанавливают максимальное значение $|S(\omega)|$ на частоте f_m равное M делениям, в масштабе, обеспечивающем его измерение с наибольшей точностью. Фиксируют сумму показаний аттенюаторов усилительного тракта (согласующего устройства, усилителя и анализатора спектра) $A'_э$. Органами управления генератора импульсов устанавливают задержку импульса синхронизации селектора, равную нулю. При этом на экране осциллографа будет изображение импульса генератора. Устанавливают ослабление аттенюатора входного делителя усилителя, при котором наблюдают максимальное значение $|S(\omega)|$ на частоте f_m, равное M делениям. Фиксируют сумму показаний аттенюаторов входного делителя, усилителя и анализатора спектра A'_U. Переключатель *В1* устанавливают в положение *1*. Аттенюаторами входного делителя и усилителя устанавливают максимальное значение $|S(\omega)|$ на частоте f_m, равное M делениям. Фиксируют сумму показаний аттенюаторов усилительного устройства A'_1 Устанавливают частоту генератора в десяти равномерно расположенных точках рабочей области частот ПЭП и фиксируют показания аттенюаторов $A'_{iэ}$, A'_{iU}, A'_{iI}, где $i=1, 2 \ldots 10$.

Если входное сопротивление входного делителя Z_1 и сопротивление генератора радиоимпульса в паузах между импульсами Z_2 не удовлетворяют условию $Z^{н}_{пэ} \leqslant 20|Z_3|$ в области рабочих частот измеряемого ПЭП, то необходимо измерить отношение $Z^{н}_{пэ}/Z_4$ с погрешностью не более 3%.

Здесь $Z_3=Z_1Z_2/(Z_1+Z_2)$; $Z_4=|Z^н_{пэ}Z_3|/|Z^н_{пэ}+Z_3|$;

Z_4 — модуль электрического сопротивления схемы черт. 11 между точкой «а» и корпусом, измеренный при выключенном напряжении питания генератора радиоимпульсов.

4.2.4. *Обработка результатов.*

4.2.4.1. Для определения амплитудно-частотной характеристики $АЧХ_{UU}$, частоты максимума преобразования f_{UU} и коэффициента преобразования K_{UU} вычисляют значения K^{i0}_{UU} и K^{i}_{UU} для каждой из измеренных частот по формулам:

$$K^{i}_{UU}=A_{iU}-A_{iэ}-\alpha_f-K_ш; \tag{2}$$

$$K^{i0}_{UU}=K^{i}_{UU}-K^{im}_{UU}, \tag{3}$$

где $A_{iэ}$ ($A'_{iэ}$), A_{iU}(A'_{iU}) показания аттенюаторов, зафиксированные по пп. 4.2.2.2., 4.2.3.2;

K^{im}_{UU} — максимальное из значений K^{i}_{UU}, дБ;

α_f — ослабление эхо-сигнала в нагрузке, обусловленное затуханием, дБ;

$K_ш=20\lg(Z^н_{пэ}/Z_4)$.

Если $\alpha_f\leqslant 0{,}7$ дБ, $K_ш\leqslant 0{,}5$ дБ, то в формуле (2) считать $\alpha_f=0$, $K_ш=0$.

Строят на диаграммной бумаге график $АЧХ_{UU}$, используя значения K^{i0}_{UU}. Частотой максимума преобразования f_{UU} является частота, при которой $K^{i0}_{UU}=0$. Коэффициентом преобразования K_{UU} является значение K^{i}_{UU} на частоте максимума преобразования f_{UU}.

4.2.4.2. Для определения амплитудно-частотной характеристики $АЧХ_{UI}$, частоты максимума преобразования f_{UI} и коэффициента преобразования K_{UI}, вычисляют значения K^{i}_{UI} и K^{i0}_{UI}, для каждой из измеренных частот, по формулам:

$$K^{i}_{UI}=A_{iU}-A_{iI}+20\lg\frac{R}{K^{0}_{UI}}-\alpha_f-K_ш; \tag{4}$$

$$K^{i0}_{UI}=K^{i}_{UI}-K^{im}_{UI}, \tag{5}$$

где A_{iI}, A_{iU} — показания аттенюаторов, зафиксированные по пп. 4.2.2.2, 4.2.3.2;

K^{im}_{UI} — максимальное из значений K^{i}_{UI};

R — резистор, сопротивление которого подобрано по пп. 4.2.2.1 и 4.2.3.1 и измерено с погрешностью не более 1,0% в Ом;

K^{0}_{UI} — опорный уровень, равный 1 Ом;

α_f — ослабление эхо-сигнала в нагрузке, обусловленное затуханием, дБ;

$K_ш=20\lg(Z^н_{п.э}/Z_4)$.

Если $\alpha_f \leqslant 0{,}7$ дБ, $K_{ш} \leqslant 0{,}5$ дБ, то в формуле (4) считать $\alpha_f = 0$, $K_{ш} = 0$.

На диаграммной бумаге строят $АЧХ_{UI}$, используя значения K_{UI}^{i0}. Частотой максимума преобразования f_{UI} является частота, при которой $K_{UI}^{i0} = 0$. Коэффициент преобразования K_{UI} является значением K_{UI}^{i} на частоте максимума преобразования f_{UI}.

4.2.4.3. Вычисляют ширину полосы пропускания $\Delta f_{UU}(\Delta f_{UI})$ по формуле

$$\Delta f_{UU(UI)} = f^{в}_{UU(UI)} - f^{н}_{UU(UI)}, \quad (6)$$

где $f^{в}_{UU(UI)}$ — наибольшая из частот, соответствующая значению амплитудно-частотной характеристики $АЧХ_{UU}$, $АЧХ_{UI}$ на уровне — 6 дБ, МГц.

$f^{н}_{UU(UI)}$ — наименьшая из частот, соответствующая значению амплитудно-частотной характеристики на уровне — 6 дБ, МГц.

4.2.4.4. Неравномерность соответствующих амплитудно-частотных характеристик B_{UU}, B_{UI} вычисляют по формулам:

$$B_{UU} = K_{UU}^{max} - K_{UU}^{min}; \quad (7)$$

$$B_{UI} = K_{UI}^{max} - K_{UI}^{min}, \quad (8)$$

где K_{UU}^{min}, K_{UI}^{min} — минимальное значение соответствующей амплитудно-частотной характеристики в рабочей области частот;

K_{UU}^{max}, K_{UI}^{max} — максимальное значение соответствующей амплитудно-частотной характеристики в рабочей области частот.

4.2.4.5. При вычислениях по формулам (1) — (7) полученные результаты следует округлить с погрешностью не более 1%.

Примечания:

1. Допускается отличное от указанного на черт. 11 и 18 включение резистора R. Последнее может быть включено в цепь, по которой протекает ток возбуждения ПЭП, например, в катодную (эммитерную) цепь генератора, или подключено к ПЭП через широкополосный трансформатор.

2. При проведении измерений по схеме включения R, указанной на черт. 11 и 18, с целью устранения наводок радиопомех в режиме приема эхо-сигнала, допускается сопротивление R закоротить на корпус.

4.3. Метод определения параметров: импульсного коэффициента преобразования $K_{UI}^{и}$; мгновенных значений импульсной характеристики U_1^{p}, U_2^{p}, U_1^{a}; временны́х интервалов импульсной характеристики t_1^{p}, t_2^{p}, t_1^{a}; длительности импульсной характеристики t_N.

4.3.1. Подготовка к измерению. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 19. Значение сопротивления резистора R_2 устанавливают 75 ± 1 Ом. Ослабление сигнала аттенюатором входного делителя устанавливают 40 дБ. Выбирают нагрузку и устанавливают ПЭП на нагрузку как указано в пп. 2.2, 4.2.2.1. Подключают ПЭП к установке, при этом совмещенный преобразователь соединяют с разъемом *Ш1*, излучающий пьезо-

элемент раздельного или раздельно-совмещенного преобразователя с разъемом *Ш1*, а приемный элемент — с разъемом *Ш2*. Значение сопротивления резистора *R1* выбирают из условия $R1 \ll Z^{н}_{п.э}/20$, но не более 1 Ом. Если значение сопротивления $Z^{н}_{п.э}$ неизвестно, то сопротивление резистора *R1* выбирают таким, чтобы отношение напряжения на нижней по схеме клемме ПЭП к напряжению на верхней клемме было не менее $^{1}/_{20}$. Для измерения упомянутых напряжений устанавливают переключатель *B2* в положение *1*, а переключатель *B1* сначала в положение *2*, а затем в положение *1*. Форма импульса напряжения на резисторе *R1* совпадает с импульсом тока возбуждения. Органами управления генератора видеоимпульсов устанавливают форму импульса тока, удовлетворяющую требованиям: $\tau_{ф.э} \leqslant 1/2f_0$; $\tau_{ф.э}+\tau_э = 1/f_0 \pm 0{,}1/f_0$,

где $\tau_{ф\,э}$ — длительность фронта экспоненциального импульса;

$\tau_э$ — постоянная времени экспоненциального импульса;

f_0 — номинальная частота ПЭП.

4.3.2. Проведение измерений. Переключатели *B1* и *B2* устанавливают в положения *1* и *2* соответственно. Выставляют на генераторе импульсов временно́й сдвиг импульсов синхронизации осциллографа.

$$\tau_N = 2l/v, \qquad (9)$$

где l — расстояние между ПЭП и отражающей поверхностью, мм;

v — скорость распространения УЗК в материале нагрузки, мм/с.

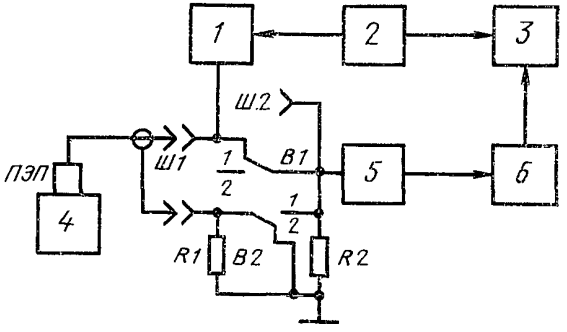
Устанавливают ослабление аттенюаторов усилительного тракта, при котором изображение эхо-сигнала на экране осциллографа будет в масштабе, удобном для наблюдения. Притирая ПЭП к нагрузке и меняя его ориентацию относительно отражающей поверхности, устанавливают ПЭП так, чтобы максимальное значение эхо-сигнала было наибольшим. Если в результате интерференционных явлений зависимость максимального значения эхо-сигнала от ориентации ПЭП не является однозначной или выражена слабо, указанную настройку следует проводить по максимальному значению $U^{р}_{1}$.

Выставляют максимальное значение эхо-сигнала на экране осциллографа равное *M* делениям в масштабе, обеспечивающем наибольшую точность измерения максимального значения эхо-сигнала, и фиксируют показания аттенюаторов усилительного тракта $U_{эхо}$. Измеряют по экрану осциллографа мгновенные значения эхо-сигнала $U^{р}_{1}$, $U^{р}_{2}$, $U^{а}_{1}$ в дБ относительно максимального значения эхо-сигнала и соответствующие временны́е интервалы $t^{р}_{1}$, $t^{р}_{2}$, $t^{а}_{1}$ в мкс (см. черт. 20).

Выводят ослабление аттенюатора усилительного устройства равное 20 дБ. Измеряют длительность импульсной характеристи-

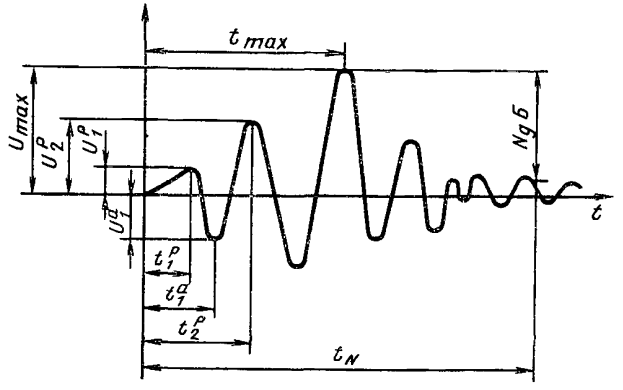
ки до точки ее пересечения с уровнем, равным M делениям. Измеренная длительность есть длительность импульсной характеристики t_N.

Органами управления генератора импульсов выставляют временной сдвиг импульсов синхронизации осциллографа, равный нулю. Переключатели *B1, B2* устанавливают в положения *2* и *1*, со-



1 — генератор видеоимпульсов; *2* — генератор импульсов; *3* — осциллограф; *4* — акустическая нагрузка; *5* — входной делитель; *6* — усилитель

Черт. 19



Черт. 20

ответственно. Аттенюаторами усилительного тракта выставляют на экране осциллографа максимальное значение импульса генератора, равное M делениям, в масштабе, обеспечивающем наибольшую точность измерений, и фиксируют показания аттенюаторов $U_г$.

4.3.3. Результатом измерения являются мгновенные значения напряжений U_1^p, U_2^p, U_1^a в дБ относительно $U_{эхо}$ и длительно-

сти импульсов t_1^p, t_2^p, t_1^a, t_N в мкс. При округлении полученных результатов следует сохранять две значащие цифры.

Импульсный коэффициент преобразования $K_{UI}^и$ вычисляют по формуле

$$K_{UI}^и = U_{эхо} - U_r + 20\lg\frac{RI}{K_{UI}^0}, \qquad (10)$$

где $U_{эхо}$ — максимальное значение эхо-сигнала, дБ;

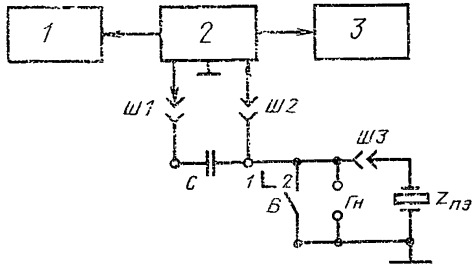
U_r — максимальное значение сигнала на выходе генератора, дБ;

RI — сопротивление, подобранное в процессе подготовки к измерениям и измеренное с погрешностью не более 1%, Ом;

K_{UI}^0 — опорный уровень равный 1 Ом.

4.4. Методы измерения электрических сопротивлений ПЭП.

4.4.1. Подготовка к измерению. Собирают установку согласно схеме черт. 21. При этом вход измерителя *АЧХ* подключают к разъему *Ш1* через высокоомную детекторную головку, а выход измерителя *АЧХ* подключают к разъему *Ш2*.



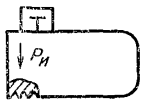
1 — частотомер; *2* — измеритель АЧХ; *3* — графопостроитель

Черт. 21

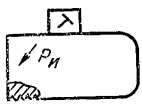
Переключатель *П1* устанавливают в положение *2*. Выбирают нагрузку по п. 2.2. Материал нагрузки должен быть таким же, как и материал нагрузки при измерении по п. 4.2. Если коэффициенты преобразования измерялись с использованием нагрузки из кварцевого стекла, то при измерении электрического сопротивления $Z_{п.э}^н$ допускается использовать нагрузку из алюминиевого сплава Д16Т.

При определении электрического сопротивления $Z_{п.э}^с$ нагрузкой ПЭП служит воздух, акустическое сопротивление которого считают равным нулю.

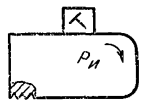
Подключают ПЭП к ультразвуковому дефектоскопу и устанавливают его на нагрузку, предварительно смоченную контактной жидкостью. При этом прямой ПЭП устанавливают как показано на черт. 22; наклонный — на черт. 23, наклонный для возбуждения поверхностных волн — на черт. 24.



Черт. 22



Черт. 23



Черт. 24

Притирают ПЭП к поверхности нагрузки и, перемещая его по ней, находят такое положение, в котором значение наибольшего из эхо-сигналов на 35 дБ меньше максимального значения первого эхо-сигнала, измеренного при той же чувствительности дефектоскопа на нагрузке, предназначенной для измерения коэффициентов преобразования K_{UU} (или K_{UI}).

4.4.2. *Электрическое сопротивление* $Z^{н}_{п.э}$.

4.4.2.1. Проведение измерения. Измерение сопротивления ПЭП производят методом сравнения с сопротивлением опорного конденсатора. Подключают ПЭП к установке (черт. 21). Устанавливают емкость конденсатора развязки $C \leqslant {}^{1}/_{20}\omega_{н} Z^{0н}_{п.э}$, где $\omega_{н}$ — круговая частота, соответствующая верхней границе номинального рабочего диапазона ПЭП;

$Z^{0н}_{п.э}$ — номинальное электрическое сопротивление ПЭП на частоте $\omega_{н}$. Устанавливают масштаб изображения графика кривой электрического сопротивления $Z^{н}_{п.э}$ на экране измерителя *АЧХ*, обеспечивающий наибольшую точность измерений.

Включают метки частоты измерителя *АЧХ* и устанавливают диапазон частот ω, соответствующий рабочей полосе частот ПЭП. Выставляют амплитуду меток частоты графопостроителя равную 5 мм и производят запись на графопостроителе меток частоты. Переключатель *В* устанавливают в положение *1* и производят запись на графопостроителе электрического сопротивления ПЭП $Z^{н}_{п.э}$. Наносят на полученную диаграмму масштабную сетку. Последнюю строят путем записи сопротивления конденсаторов, устанавливаемых в гнездо *ГН* при отключенном ПЭП. Масштабная сетка должна содержать не менее пяти равномерно расположенных линий. Используемые для построения масштабной сетки конденсаторы должны быть измерены с погрешностью не более 2%, а их тангенс угла диэлектрических потерь не должен быть более 0,001.

4.4.2.2. Результатом измерения является график зависимости $Z^{н}_{п.э}/\omega C$ от частоты.

4.4.3. *Электрические сопротивления* $Z^{р}_{п.э}$, $Z^{а}_{п.э}$, $Z^{0}_{п.э}$

4.4.3.1. Проведение измерений. Подключают ПЭП к схеме (черт. 21). Подбирают емкость конденсатора C так же, как в п. 4.4.2.1. Устанавливают стоп-метку измерителя *АЧХ* в точке, соответствующей минимуму (максимуму) электрического сопротивления при измерении $Z^{р}_{п.э}$ ($Z^{а}_{п.э}$) соответственно. При измерении $Z^{(}_{п.э}$ стоп-метку устанавливают в характерной точке частоты, которая указана в ТУ на ПЭП. Включают стоп-метку измерителя *АЧХ* и фиксируют показания электронного частотомера.

Измеряют значения электрических сопротивлений ПЭП на частоте положения стоп-метки методом замещения с помощью конденсатора, устанавливаемого в гнездо *ГН*.

Емкости используемых конденсаторов должны быть измерены с погрешностью не более 2,0%, а тангенс угла диэлектрических потерь — не более 0,001.

Для повышения точности измерений $Z^{н}_{п.э}$ по черт. 21 вместо измерителя АЧХ могут быть использованы генератор синусоидальных сигналов и образцовый вольтметр, а при определении частот резонанса и антирезонанса ПЭП вместо разделительной емкости — резистор.

4.4.3.2. Результатом измерения являются значения электрических сопротивлений $Z^{р}_{п.э}$, $Z^{а}_{п.э}$, $Z^{0}_{п.э}$ в Ом.

4.5. Методы измерения параметров: диаграммы направленности P_1 (P_2), ширины диаграммы направленности Θ_1 (Θ_2), угла ввода β_1 (β_2)

4.5.1. *Метод измерения параметров иммерсионного ПЭП*

4.5.1.1. Подготовка к измерению. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 25. Устанавливают сферический отражатель на расстоянии L_0 от ПЭП. При этом должны выполняться условия:

$r \ll 2$ мм при $f_0 > 5{,}0$;

$r \ll 5$ мм при $5{,}0 \geqslant f_0 \geqslant 1{,}0$;

$r \leqslant 10$ мм при $f_0 < 1{,}0$;

$L_0 \geqslant 2\ L_б$, где r — радиус сферического отражателя, мм;

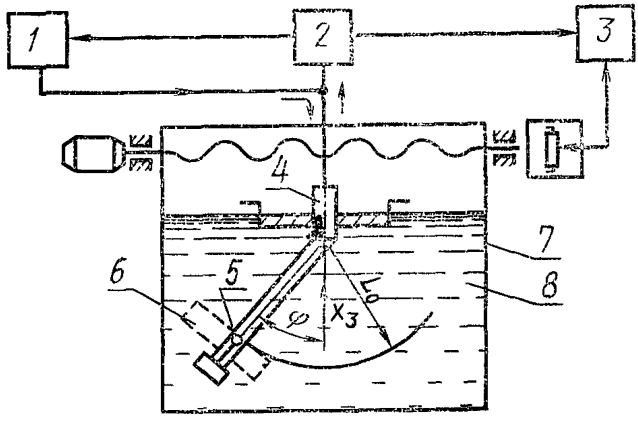
f_0 — номинальная частота преобразователя, МГц;

$L_б = a^2 f_0 / v$ — протяженность ближней зоны ПЭП, мм;

a — наибольший размер пьезоэлемента ПЭП в рабочей плоскости, мм;

v — скорость звука в воде, мм/мкс.

Если средства измерения не позволяют использовать сферический отражатель, следует применить плоский отражатель, установив его на расстоянии L_0 от ПЭП. При этом должны выполняться условия: $L_0 \leqslant 0{,}5\ L_б$; $L_0 \geqslant v t_N / 2$. где t_N — длительность эхо-импульса на уровне 20 дБ, мкс.



1 — генератор радиоимпульсов; *2* — электронный блок ультразвукового дефектоскопа; *3* — графопостроитель; *4* — преобразователь; *5* — сферический отражатель; *6* — плоский отражатель; *7* — ванна; *8* — вода

Черт. 25

Подготавливают ультразвуковой дефектоскоп к работе в диапазоне частот, соответствующем рабочему диапазону частот ПЭП.

Проверяют линейность записи амплитудной характеристики по координате *Y* графопостроителя, для чего устанавливают отражатель в положение, при котором максимальное значение эхо-сигнала наибольшее. Органами управления масштаба записи графопостроителя устанавливают масштаб записи по координате *Y* таким, чтобы изображение занимало все поле записи. Аттенюатором дефектоскопа последовательно устанавливают ослабления, равные 6 и 20 дБ. Положения пера графопостроителя при этом должны принять значения $0{,}5 \pm 0{,}025$ и $0{,}1 \pm \frac{0{,}01}{0{,}02}$ от первоначального значения соответственно. Если указанные условия не выполняются, то изменяют соотношение чувствительности ультразвукового дефектоскопа и графопостроителя и повторяют проверку.

Проверяют масштаб записи по координате *X* графопостроителя. Погрешность метода измерения должна быть не более 0,5%. Метод измерения, использующий многоэлементный отражатель, приведен в рекомендуемом приложении 4. Погрешность масштаба записи не более 1,5% от размера рабочего поля записи по координате *X*.

4.5.1.2. Проведение измерений. Закрепляют ПЭП в механизме перемещения по координате φ и ориентируют его относительно плоскости измерения, как указано в технических условиях на ПЭП. Перемещая отражатель, устанавливают максимальное значение эхо-сигнала по экрану дефектоскопа. Устанавливают частоту заполнения радиоимпульсов, при которой амплитуда эхо-сигнала имеет максимальное значение.

Масштаб записи графопостроителя по координате X устанавливают таким, при котором рабочая область диаграммы направленности будет занимать все поле записи. Включают перемещение отражателя и производят запись графика диаграммы направленности на графопостроителе. На полученный график наносят линию, соответствующую уровню 6 дБ. Для этого перо графопостроителя устанавливают в точку максимального значения графика и, установив ослабление аттенюатора дефектоскопа равным 6 дБ, производят запись горизонтальной линии до пересечения с кривой диаграммы направленности. На график наносят геометрическую ось ПЭП. Для этого поворачивают ПЭП вокруг оси X_3 (черт. 25) на угол $180° \pm 0{,}5°$ и повторяют запись диаграммы направленности. Ось симметрии записанных графиков является геометрической осью преобразователя.

4.5.1.3. Обработка результатов измерения. Измеряют ширину графика диаграммы направленности на уровне 6 дБ.

Ширину диаграммы направленности Θ^0_φ вычисляют по формуле

$$\Theta_\varphi = m_\varphi l_\varphi, \qquad (11)$$

где m_φ — масштаб записи, угловые градусы/мм;

l_φ — ширина графика диаграммы направленности на уровне 6 дБ, мм.

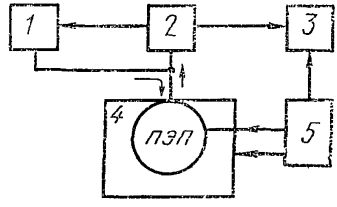
Угол ввода β^0_φ вычисляют по формуле

$$\beta_\varphi = m_\varphi l'_\varphi, \qquad (12)$$

где l'_φ — расстояние от максимума диаграммы направленности до геометрической оси преобразователя, мм.

Вычисленные значения ширины диаграммы направленности и угла ввода следует округлить до двух десятых долей градуса.

Если измерения производились с плоским отражателем, то для перевода полученного графика в диаграмму направленности необходимо масштаб записи увеличить в два раза, а значения ординат по оси Y возвести в квадрат.



1 — генератор радиоимпульсов; *2* — электронный блок ультразвукового дефектоскопа; *3* — графопостроитель; *4* — акустическая нагрузка; *5* — механизм перемещения по координатам X_1, X_2

Черт. 26

4.5.2. *Метод измерения параметров контактного ПЭП*

4.5.2.1. Подготовка к измерениям. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 26.

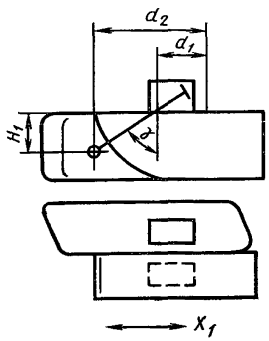
Выбирают нагрузку, соответствующую номинальной частоте ПЭП согласно п. 2.2, и устанавливают ее на контрольный стол механизма перемещения по координатам X_1, X_2 как показано на черт. 27—31. Закрепляют ПЭП в механизме перемещения и уста-

навливают его на предварительно смоченную контактной жидкостью нагрузку.

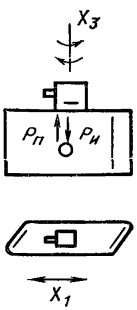
Рядом с нагрузкой для измерения диаграммы направленности наклонных ПЭП устанавливают отражатель с цилиндрической поверхностью согласно черт. 27.

Размеры нагрузок должны удовлетворять условию $L_а \geqslant L_б$, где $L_а$ — расстояние от ПЭП до отражателя в нагрузке, $L_б$ — протяженность ближней зоны ПЭП.

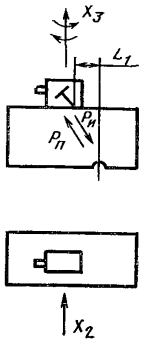
Схемы расположения преобразователей на акустических нагрузках



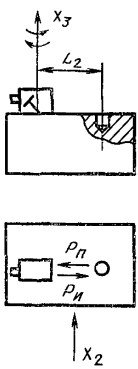
Черт. 27



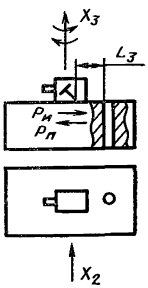
Черт. 28



Черт. 29



Черт. 30



Черт. 31

Примечание. Стрелками указаны направления перемещения по X_1 и X_2, ось X_3 и вращения вокруг оси X_3.

Подготавливают ультразвуковой дефектоскоп к работе в диапазоне частот, соответствующем рабочему диапазону частот ПЭП.

Проверяют линейность записи и масштаб записи по координатам Y, X, как указано в п. 4.5.1.1.

4.5.2.2. Проведение измерений. Устанавливают на механизме перемещения по координатам X_1 и X_2 усилие прижатия, равное 10—50 Н.

Притирают ПЭП к нагрузке и, перемещая его, как указано на черт. 27—31, устанавливают в положение, при котором эхо-сигнал имеет максимальную амплитуду. Устанавливают частоту заполнения радиоимпульсов, при которой амплитуда эхо-сигнала наибольшая.

При измерении по схемам, приведенным на черт. 27 и 29, следует, вращая ПЭП вокруг оси X_3, установить его в положение, при котором максимальное значение эхо-сигнала имеет наибольшее значение. Устанавливают длительность строба и его положение таким образом, чтобы в результате перемещения в рабочей области эхо-сигнал не выходил из зоны строба. Если при перемещении по координате X_1 в зону строба попадают ложные импульсы, возникающие в результате отражений от кромок и граней образца, то необходимо установить нагрузку, отвечающую дополнительным требованиям на угол наклона боковой грани (см. черт. 6)

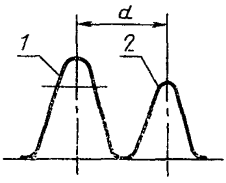
$$\gamma \geqslant \operatorname{arc\,tg} \frac{a}{2L_0}, \qquad (13)$$

где a — наибольший размер пьезоэлемента ПЭП;

L_0 — наименьшее расстояние между ПЭП и наклонной плоскостью в процессе записи диаграммы.

Для обеспечения постоянства акустического контакта определяют экспериментально для каждого типа ПЭП усилие прижатия F_1 и число циклов перемещения нагрузки n_1, при которых изменение максимального значения эхо-сигнала от цикла к циклу не превышает 0,5 дБ.

Устанавливают усилие прижатия равное F_1, включают механизм перемещения нагрузки и после n_1 циклов перемещения производят на диаграммной бумаге запись диаграммы направленности. Наносят на диаграммную бумагу линию, соответствующую уровню 6 дБ согласно п. 4.5.1. 2 и линии, указывающие положение геометрической оси ПЭП. Для ее определения в случае прямого ПЭП поворачивают последний на угол 180°±0,5° вокруг оси X_3 и повторяют запись диаграммы направленности. Геометрической осью ПЭП является ось симметрии двух записанных диаграмм направленности. При проведении записи диаграммы направленно-



Черт. 32

сти расстояния L_1, L_2 и L_3 (черт. 29—31) должны определяться с погрешностью не более 0,5 мм.

После записи диаграммы направленности P_1 наклонных ПЭП по схеме, приведенной на черт. 27, перемещают ПЭП по координате X_2 до середины цилиндрического отражателя и производят запись огибающей максимальных значений эхо-сигналов от цилиндрического отражателя. При этом на диаграммной бумаге будут изображены два графика, как показано на черт. 32, где *1* — огибающая максимальных значений эхо-сигналов от цилиндрического отражателя; 2 — диаграмма направленности P_1.

4.5.2.3. Обработка результатов. Измеряют ширину графика диаграммы направленности на уровне 6 дБ. Значение ширины диаграммы направленности в мм вычисляют по формуле

$$\Theta_i = m_i l_i, \qquad (14)$$

где m_i — масштаб записи по координате X_1 (X_2), l_i — ширина графика диаграммы направленности на уровне 6 дБ, мм; $i=1,2$.

Угол ввода $\beta_{1(2)}$, когда последний измерен по схемам, приведенным на черт. 28—31, вычисляют по формуле

$$\beta_i = \operatorname{arc\,tg} \frac{l'_i m_i}{L_1}, \qquad (15)$$

где l'_i — расстояние от положения максимума диаграммы направленности до геометрической оси ПЭП, мм; $i=1, 2$.

L_1 — расстояние от ПЭП до отражателя, мм (в зависимости от используемой схемы измерения согласно черт. 28—31 это будут H, L_1, L_2, L_3 соответственно).

Угол ввода β_1^0 наклонных ПЭП вычисляют по формуле

$$\beta_1 = \operatorname{arc\,tg} \frac{d_3 - m_1 d}{H_1}, \qquad (16)$$

где H_1 — глубина залегания цилиндрического отверстия в нагрузке, мм;

$d_3 = d_2 - d_1$ — расстояние между осями цилиндрической поверхности отражателя и цилиндрического отверстия нагрузки;

d, d_1, d_2, H_1 — соответствуют обозначениям, принятым на черт. 27 и 32.

Значения ширины диаграммы направленности, вычисленные по формуле (14), округляют до целого числа; значения углов ввода, вычисленные по формулам (15) и (16), округляют до двух десятых долей углового градуса.

Примечания:

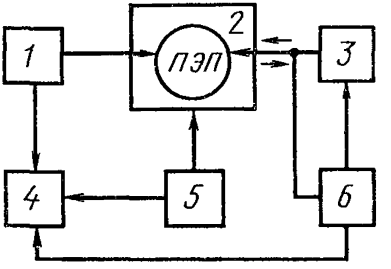
1. Увеличение точности измерения может быть достигнуто за счет применения частотомера или анализатора спектра для определения частоты запол-

нения радиоимпульсов и использования усилительного тракта с повышенными требованиями на линейность амплитудной характеристики.

2. Допускается производить измерения путем установки отражателя в дискретных точках (без автоматического перемещения). В этом случае амплитуда эхо-сигнала должна быть определена не менее чем в 10 точках рабочего диапазона перемещений.

4.6. Метод измерения фокусного расстояния и размеров фокальной области $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$.

4.6.1. Подготовка к измерению. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 33.



1 — механизм перемещения по координатам X_1, X_2, *2* — акустический блок; *3* — генератор радиоимпульсов; *4* — графопостроитель; *5* — механизм перемещения по координате X_3; *6* — электронный блок ультразвукового дефектоскопа

Черт. 33

Подготавливают ультразвуковой дефектоскоп к работе в диапазоне частот, соответствующем рабочему диапазону частот ПЭП.

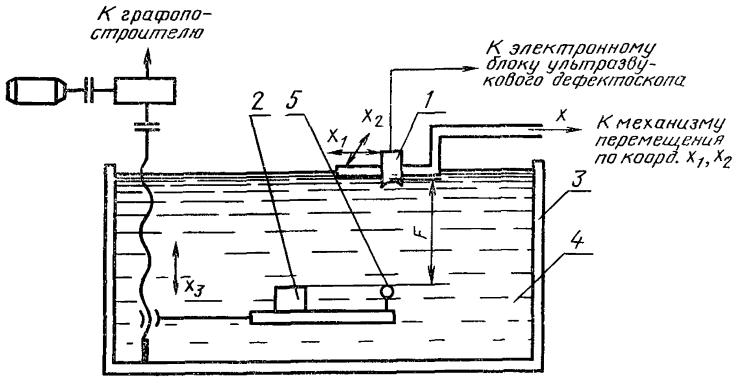
Плоский и сферический (или нитевой) отражатель устанавливают, как показано на черт. 34.

Диаметр сферического или нитевого отражателя выбирают из рядов, приведенных в п. 2.2. При этом указанный диаметр должен быть наименьшим, обеспечивающим запись огибающей эхо-сигналов на все рабочее поле графопостроителя.

Проверяют линейность записи и масштаб записи по координатам X_1, X_2 и X_3, как указано в п. 4.5.1.1.

4.6.2. Проведение измерения. Устанавливают ПЭП таким образом, чтобы его акустическая ось была параллельна направлению перемещения по координате X_3. Для этого располагают ПЭП на расстоянии $L_0 \geqslant 2F_0$ (F_0 — номинальное значение фокусного расстояния) от плоского отражателя и меняя его ориентацию устанавливают в положение, в котором значение эхо-сигнала наибольшее. Включают механизм перемещения по осям X_1, X_2 и устанавливают ПЭП над сферическим отражателем в точке, где значение эхо-сигнала наибольшее. При этом показания шкалы механизмов перемещения по координатам $X_1=a$, $X_2=b$, $X_3=c$ в дальнейшем

принять за координаты центра фокального пятна. Установленное расстояние от ПЭП до сферического отражателя является фокусным расстоянием ПЭП.



1 — ПЭП; *2* — плоский отражатель; *3* — ванна; *4* — вода; *5* — сферический или щелевой отражатель

Примечание. Стрелками указано направление перемещения по координатам X_1, X_2, X_3.

Черт. 34

Производят запись огибающей эхо-сигналов при перемещении ПЭП по координатам: X_1 при условии $X_2=b$, $X_3=c$; X_2 при условии $X_1=a$, $X_3=c$; X_3 при условии $X_1=a$, $X_2=b$. На диаграммную бумагу наносят горизонтальную линию, соответствующую уровню 6 дБ согласно п. 4.5.1.2.

4.6.3. Обработка результатов. Измеряют ширину графиков на уровне 6 дБ. Размеры фокальной области $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$ вычисляют по формуле

$$\varkappa_i = m_i l_i, \quad i=1,2,3, \tag{17}$$

где m_i — масштаб записи по соответствующей оси;

l_i — ширина соответствующего графика на уровне 6 дБ, мм.

4.7. Методы второй группы

4.7.1. Определение параметров методами второй группы основано на сравнении с ПЭП, параметры которых измерены методами, изложенными в пп. 4.2—4.6. Образцовые ПЭП могут быть аттестованы по одному или нескольким параметрам.

4.7.2. Методы измерения второй группы устанавливают соответствие ПЭП требованиям стандартов и технических условий на нормы допустимых отклонений параметров конкретных типов ПЭП.

4.7.3. Требования к акустическим параметрам нагрузок, используемых при измерении методами второй группы, должны быть

указаны в стандартах и технических условиях на конкретные типы ПЭП.

4.7.4. Требования к нагрузкам, отличающимся от указанных в п. 2.2 по форме, геометрическим размерам и акустическим параметрам, должны быть изложены в стандартах и технических условиях на конкретные типы ПЭП.

Примечание. Определение параметров ПЭП допускается проводить при нагрузке на воду.

4.7.5. *Метод измерения параметров передаточных функций*

4.7.5.1. Подготовка к измерению. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 18, из которой могут быть исключены частотомер, генератор синусоидальных сигналов и осциллограф.

4.7.5.2. Проведение измерений. Притирают образцовый ПЭП к поверхности нагрузки как указано в п. 4.1.2.2. Органами управления анализатора спектра устанавливают изображение модуля спектральной функции эхо-сигнала и сигнала генератора радиоимпульсов в масштабе, обеспечивающем его измерение с наибольшей точностью.

На место образцового ПЭП устанавливают испытуемый ПЭП. Регулировками аттенюатора анализатора спектра устанавливают огибающую эхо-импульсов в область, занимаемую спектром образцового ПЭП. При замене ПЭП следует поддерживать отклонение формы огибающей спектра импульса генератора видеоимпульсов не более $\pm 5\%$. Для этого допускается использовать регулировки генератора видеоимпульсов и подключение дополнительной электрической нагрузки последовательно с ПЭП.

Область допустимых отклонений параметров спектра эхо-импульсов должна быть установлена в стандартах и технических условиях на конкретный тип ПЭП.

4.7.6. *Метод измерения диаграммы направленности* P_1, (P_2), ширины диаграммы направленности Θ_1 (Θ_2) и угла ввода β_1 (β_2).

4.7.6.1. Подготовка к измерению. Собирают установку по схеме, приведенной на черт. 25 или 26. Допускается исключить из схемы генератор радиоимпульсов, а вместо него использовать генератор видеоимпульсов электронного блока ультразвукового дефектоскопа.

4.7.6.2. Проведение измерений. Производят запись диаграммы направленности образцового ПЭП на диаграммной бумаге графопостроителя. На лист диаграммной бумаги наносят границы допустимого отклонения диаграммы направленности. Производят запись диаграммы направленности испытуемых ПЭП.

Область допустимых отклонений графика диаграммы направленности должна быть установлена в стандартах и технических условиях на конкретный тип ПЭП.

Примечания:

1. Указанные на схемах измерения блоки допускается объединять между собой или исключать, если это не приводит к увеличению погрешностей измерения соответствующего параметра ПЭП.

2. Допускается представлять результаты измерений $АЧХ_{UU}$, $АЧХ_{UI}$, P_1, P_2 как в логарифмическом, так и в линейном масштабах по амплитуде.

5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. При работе с аппаратурой должны соблюдаться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденные Госэнергонадзором.

5.2. Работа с аппаратурой должна производиться в соответствии с требованиями безопасности, изложенными в инструкции по эксплуатации.

5.3. Параметры ультразвука, воздействующего на оператора, должны соответствовать ГОСТ 12.1.005—76.

5.4. Уровни шума, создаваемого оборудованием на рабочем месте оператора, не должны превышать допустимых по ГОСТ 12.1.003—76.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

Термины, определения и условные обозначения, применяемые в стандарте

Термин, условное обозначение	Определение
1. Пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП)	Устройство, предназначенное для преобразования электрической (акустической) энергии в акустическую (электрическую), основанное на использовании пьезоэлектрического эффекта и применяемое для работы в составе средств неразрушающего контроля
2. Передаточная функция $\overline{K}_{UU}$	Комплексное отношение в функции частоты электрического напряжения холостого хода эхосигнала, развиваемого ПЭП, к электрическому напряжению возбуждения ПЭП, работающего в совмещенном режиме и нагруженного на определенную акустическую нагрузку
3. Передаточная функция $\overline{K}_{UI}$	Комплексное отношение в функции частоты электрического напряжения холостого хода эхосигнала, развиваемого ПЭП, к току возбуждения ПЭП, работающего в совместном режиме и нагруженного на определенную акустическую нагрузку
4. Коэффициент преобразования K_{UU}	Абсолютное значение передаточной функции $\overline{K}_{UU}$ на частоте максимального преобразования в рабочей полосе частот
5. Коэффициент преобразования K	Абсолютное значение передаточной функции $\overline{K}_{UI}$ на частоте максимального преобразования в рабочей полосе частот
6. Амплитудно-частотная характеристика $АЧХ_{UU}$	Отношение абсолютного значения передаточной функции $\overline{K}_{UU}$ к коэффициенту преобразования
7. Амплитудно-частотная характеристика $АЧХ_{UI}$	Отношение абсолютного значения передаточной функции $\overline{K}_{UI}$ к коэффициенту преобразования
8. Рабочая область частот	Область частот, в которой нормируются параметры ПЭП, устанавливаемые в стандартах или технических условиях на преобразователь
9. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики	Разность уровней наибольшего и наименьшего значений соответствующей амплитудно-частотной характеристики в рабочей области частот, дБ

Термин, условное обозначение	Определение
10. Полоса пропускания	Частотный диапазон преобразователя, работающего в совмещенном варианте, в рабочей области частот с неравномерностью соответствующей *АЧХ* не более 6 дБ
11. Электрический импеданс	Комплексное электрическое сопротивление преобразователя в функции от частоты, измеренное на входной стороне преобразователя при определенной акустической нагрузке на его выходной стороне
12. Электрическое сопротивление $Z_{\text{п.э}}$	Абсолютное значение электрического импеданса электроакустического преобразователя
13. Электрическое сопротивление $Z^{\text{а}}_{\text{п.э}}$	Электрическое сопротивление преобразователя в точке экстремума, соответствующего максимуму на графике зависимости значения $Z_{\text{п.э}}$ от частоты
14. Электрическое сопротивление $Z^{\text{р}}_{\text{п.э}}$	Электрическое сопротивление преобразователя в точке экстремума, соответствующего минимуму на графике зависимости значения $Z_{\text{п.э}}$ от частоты
15. Импульсная характеристика	Электрическое напряжение эхо-сигнала в функции времени, развиваемое ПЭП, нагруженным на активное сопротивление 75 Ом при возбуждении ПЭП импульсом тока экспоненциальной формы по ГОСТ 16465—70
16. Импульсный коэффициент $K^{\text{и}}_{UI}$	Отношение максимального значения импульсной характеристики к максимальному значению импульса тока, подаваемого на преобразователь
17. Диаграмма направленности	Графическое представление отношения значения эхо-сигнала ПЭП в функции от положения точечного отражателя, расположенного в дальней зоне, в среде без затухания и перемещающегося по определенной траектории в плоскости, к максимальному значению эхо-сигнала
18. Акустическая ось	Геометрическое место точек максимальной интенсивности звукового поля в дальней зоне ПЭП и его геометрическое продолжение в ближней зоне
19. Диаграмма направленности P_1	Диаграмма направленности преобразователя, измеренная в плоскости S_1, перпендикулярной к рабочей поверхности преобразователя и проходящей через его акустическую ось, при перемещении отражателя по дуге окружности или по прямой

Термин, условное обозначение	Определение
20. Диаграмма направленности P_2	Диаграмма направленности преобразователя, измеренная в плоскости S_2, перпендикулярной к плоскости S_1 и проходящей через акустическую ось преобразователя, при перемещении отражателя по дуге окружности или по прямой
21. Ширина диаграммы направленности Θ_1	Область диаграммы направленности P_1, в которой последняя принимает значения на уровне 6 дБ
22. Ширина диаграммы направленности Θ_2	Область диаграммы направленности P_2, в которой последняя принимает значения на уровне 6 дБ
23. Угол ввода β_1	Угол между нормалью к поверхности, на которой установлен преобразователь, и его акустической осью, измеренный в плоскости S_1
24. Угол ввода β_2	Наименьший угол, лежащий в плоскости $S_п$, проходящей через рабочую поверхность ПЭП, и образованный линиями пересечения с плоскостью $S_п$ плоскости S_1 и плоскости, проходящей через геометрический центр преобразователя и определенную метку на его корпусе или параллельно определенной боковой стороне ПЭП и перпендикулярной к плоскости $S_п$
25. Фокусное расстояние F	Расстояние от геометрического центра фокусирующего преобразователя до точки, в которой звуковое давление, создаваемое преобразователем, является максимальным
26. Протяженность фокальной области $\varkappa_1$	Размеры области перемещения точечного отражателя по акустической оси, на границах которой эхо-сигнал принимает значения на уровне 6 дБ
27. Протяженность фокальной области $\varkappa_2$	Ширина диаграммы направленности Θ_2, измеренная вдоль линии пересечения фокальной плоскости S_F с плоскостью S_2
28. Протяженность фокальной области $\varkappa_3$	Ширина диаграммы направленности Θ_1, измеренная вдоль линии пересечения фокальной плоскости S_F с плоскостью S_1
29. Δf_{UU}	Полоса пропускания преобразователя, соответствующая $АЧХ_{UU}$
30. Δf_{UI}	Полоса пропускания преобразования, соответствующая $АЧХ_{UI}$

Термин, условное обозначение	Определение
31. f_{UU}	Частота, соответствующая максимальному значению $АЧХ_{UU}$
32. f_{UI}	Частота, соответствующая максимальному значению $АЧХ_{UI}$
33. $z^{o}_{п.э}$	Электрическое сопротивление преобразователя на характерной частоте
34. $U^{p}_{к}$	Значение импульсной характеристики преобразователя в точке $к$-го максимума
35. $t^{p}_{к}$	Временной интервал, соответствующий значению импульсной характеристики $U^{p}_{к}$
36. $U^{a}_{к}$	Значение импульсной характеристики преобразователя в точке $к$-го минимума
37. $t^{a}_{к}$	Временной интервал, соответствующий значению импульсной характеристики $U^{a}_{к}$
38. U_{max}	Максимальное значение импульсной характеристики
39. t_{N}	Длительность импульсной характеристики на уровне 40 дБ
40. t_{max}	Временной интервал, соответствующий значению импульсной характеристики U_{max}
41. $z^{н}_{п.э}$	Электрическое сопротивление ПЭП, нагруженного на определенную акустическую нагрузку
42. $z^{c}_{п.э}$	Электрическое сопротивление ненагруженного ПЭП
43. B_{UU}	Неравномерность амплитудно-частотной характеристики $АЧХ$
44. B_{UI}	Неравномерность амплитудно-частотной характеристики $АЧХ$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

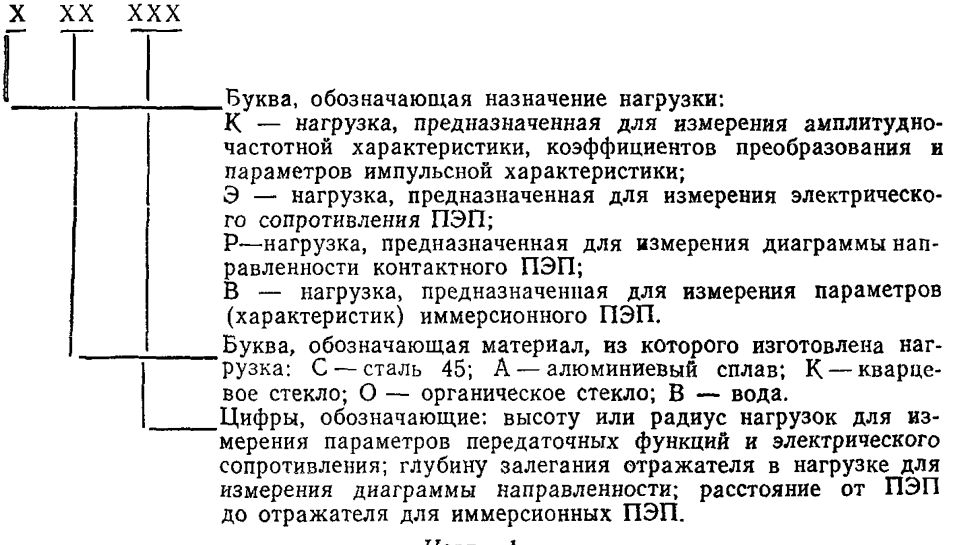
Наименование аппаратуры в тексте	Рекомендуемая аппаратура	
	Наименование	Тип
Анализатор спектра	Анализатор спектра	С4—25
Генератор импульсов	Генератор импульсов	Г5—54
Генераторы видеоимпульсов	Прибор УД-10П, прибор ультразвуковой УД-10УА, ДУК-66	УД-10П ДУК-66, УД-10УА
ГСС	Генератор сигналов высокочастотный	Г4—102
Графопостроитель	Графопостроитель зависимостей	Н-306
Измеритель *АЧХ*	Прибор для исследования амплитудно-частотных характеристик	Х1—38
Частотомер	Частотомер электронно-счетный	Ч3—35А
Осциллограф	Осциллограф универсальный, дополнительно аттестованный по амплитуде в диапазоне частот от 7,0 до 30,0 МГц с погрешностью не более 5%	С1—65
Усилитель	Усилитель широкополосный	У3—29, У3—7А
Ультразвуковой дефектоскоп	Прибор УД-10П,	УД-10П,
	Прибор ультразвуковой УД-10УА, дополнительно аттестованный по линейности амплитудной характеристики приемного тракта относительно выхода на самописец с погрешностью не более 5%.	УД-10УА
Механизм перемещения по координате φ	Установка УП-12У	УП-12У
Механизм перемещения по координатам X_1, X_2	Установка УП-12У	УП-12У
Генератор радиоимпульсов	Измеритель отношения амплитуд ультразвуковых импульсов	УС-11И
	Измеритель скорости и коэффициента затухания ультразвука	УС-12ИМ

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

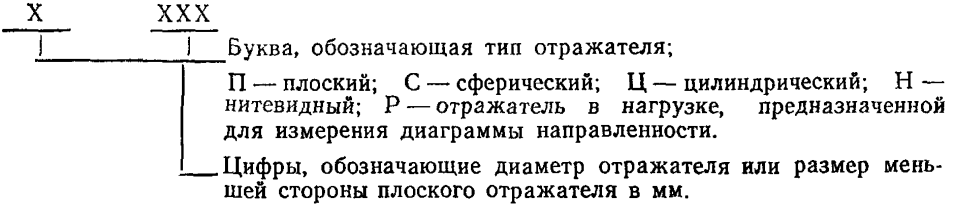
ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

В эксплуатационной документации на ПЭП при записи результатов измерения должны быть указаны: условные обозначения параметров (характеристик), их значения, а также типы и основные параметры используемых нагрузок, отражателей и расстояние от ПЭП до отражателя.

Структура условного обозначения приведена на черт. 1, 2.



Черт. 1



Черт.2

Пример оформления результатов измерений параметров ПЭП приведен в таблице.

Наименование параметра	Нагрузка и расстояние от ПЭП до отражателя	Отражатель	Результат измерения
f_{UU}	КА-50	—	2,5 МГц
Δf_{UU}	КА-50	—	0,8 МГц
K_{UU}	КА-50	—	—20 дБ
$Z_{пэ}^{рн}$	ЭА-140	—	50 Ом
$Z_{пэ}^{ан}$	ЭА-140	—	80 Ом
Θ_1	РА-80	Р-5	40 мм
β_1	РА-80	Р-5	3°

Примечание. Если в качестве нагрузок для измерения электрического сопротивления ПЭП используются вода или воздух, то при записи результатов измерения их параметры не указываются.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ МАСШТАБА ЗАПИСИ

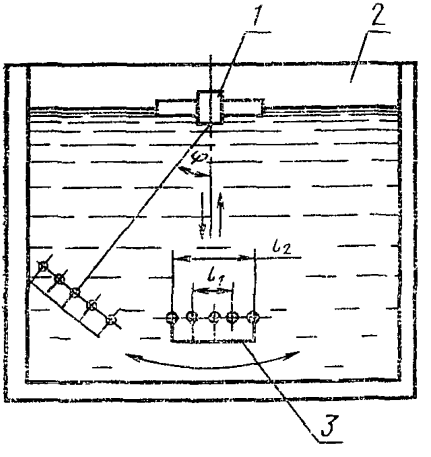
Измерение масштаба записи координаты отражателя в режиме автоматического перемещения производят с использованием многоэлементного отражателя (МО). МО представляет собой устройство, содержащее несколько ненаправленных сферических или нитевидных отражателей, предназначенных для измерения в иммерсионном варианте или в виде цилиндрических отверстий в нагрузках для измерений в контактном варианте.

При установке МО на место одиночного отражателя должны выполняться следующие условия:

центр одного из ненаправленных отражателей МО (основного) должен совпадать с центром отражателя, используемого для измерения диаграммы направленности, остальные отражатели МО (дополнительные) должны быть расположены таким образом, чтобы углы между лучами, соединяющими центры дополнительных ненаправленных отражателей с осью поворота МО, были равны углам настройки масштаба записи;

центры ненаправленных отражателей у МО, используемого в контактном варианте записи, должны находиться в плоскости, параллельной рабочей поверхности *А*, и располагаться симметрично относительно линии, перпендикулярной к поверхности *А* и проходящей через центр основного отражателя (см. черт. 1 и 2).

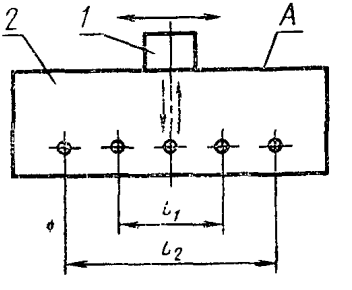
Схема взаимного расположения ПЭП и многоэлементного отражателя в иммерсионном варианте



1 — ПЭП; *2* — иммерсионная ванна; *3* — многоэлементный отражатель

Черт. 1

Схема взаимного расположения ПЭП и многоэлементного отражателя в контактном варианте



1 — ПЭП, *2* — многоэлементный отражатель

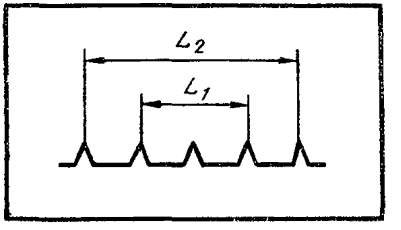
Черт. 2

При измерении масштаба записи по координате *X* проводят запись в автоматическом режиме огибающей эхо-импульсов от ненаправленных отражателей на диаграммной бумаге графопостроителя (черт. 3).

Измеряют на графике расстояние между экстремумами. Расчет масштаба записи производят по формуле

$$m=\frac{L_i}{\varphi}\ ,\ i=1,2, \tag{1}$$

Изображение огибающей эхо-импульсов от многоэлементного отражателя



Черт. 3

где L_i — расстояние между экстремумами,

φ — угловое или линейное расстояние между соответствующими ненаправленными отражателями.

Погрешность измерения масштаба записи δ_m в процентах рассчитывают по формуле

$$\delta_m=100\left(\frac{\Delta L_i}{L_i}+\frac{\Delta\varphi}{\varphi}\right)\ , \tag{2}$$

где ΔL_i — абсолютная погрешность определения L_i по графику на диаграммной бумаге;

$\Delta\varphi$ — отклонение углового или линейного положения ненаправленного отражателя от принятого в расчете (φ).

Для уменьшения ΔL_i рекомендуется использовать ПЭП с малой шириной диаграммы направленности.

Редактор *Е. И. Глазкова*
Технический редактор *О. Н. Никитина*
Корректор *А. В. Прокофьева*

Сдано в набор 05.07.79 **Подп. в печ.** 15.10.79 2,75 **п. л.** 2,69 **уч. -изд. л. Тир.** 12000 **Цена** 15 коп.

Орлена «Знак Почета» Издательство стандартов. Москва, 123557. Новопресненский пер., 3
жская типография стандартов, ул. Московская 256. Зак. 1814

gost.e-ecolog.ru