

СОГЛАСОВАНО

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»

32 ГНИИ МО РФ

В.Н.Храменков

« 14 »

с/х

2004 г.

**Аппаратура для автоматизированного контроля
работоспособности преобразователей гидроакустических антенн
на объектах «Цензурка-2»**

**Методика поверки
(68.83.00.00.000 МП)**

2004 г.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

Настоящий документ устанавливает методы и средства поверки аппаратуры для контроля параметров пьезоэлементов и пьезопреобразователей «Цензурка-2».

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции: внешний осмотр (п. 6.1) и определение метрологических характеристик (п. 6.2.). Перечень наименований операций, производимых при поверке, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Наименование испытаний (поверок)	Значение параметра по ТУ
1. Проверка комплектности и маркировки аппаратуры «Цензурка-2»	
2. Проверка диапазона рабочих частот и погрешности установки частоты	0,3 – 500 кГц не более 0,5%
3. Проверка диапазона и погрешности измерения электрической емкости на низкой частоте	$5 \cdot 10^{-10} - 5 \cdot 10^{-6}$ Ф не более 5%
4. Проверка диапазона и погрешности измерения активной составляющей полного электрического сопротивления на частоте резонанса	$10 - 10^4$ Ом не более 10%
5. Проверка диапазона и погрешности измерения сопротивления постоянному току	$10^3 - 10^6$ Ом не более 10% $10^6 - 10^{10}$ Ом не более 30%
6. Проверка диапазона и погрешности измерения сопротивления изоляции	$10^3 - 10^6$ Ом не более 10% $10^6 - 10^{10}$ Ом не более 30%
7. Проверка диапазона и погрешности	1 – 6 %

измерения тангенса угла диэлектрических потерь	не более 20% 6 – 100%
8. Проверка диапазона и погрешности измерения динамической емкости	не более 10% (1 – 50)*10 ⁻⁹ Ф
9. Проверка диапазона и погрешности измерения динамической индуктивности	не более 10% 0,5 – 20 мГн
10. Проверка диапазона и погрешности измерения коэффициента электромеханической связи	не более 10% 0,1 – 0,7
11. Проверка диапазона и погрешности измерения добротности	не более 15% 5 – 300
12. Проверка требований безопасной работы с аппаратурой	не более 20% 3 шт. мин.
13. Проверка времени непрерывной работы	8 часов
14. Проверка массогабаритных размеров	500x350x165 не более 13 кг

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

Для проведения поверки рекомендуются следующие средства, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование средства измерений и испытаний	Тип
1. Частотомер электронно-счетный	ЧЗ-57
2. Секундомер	
3. Измеритель L , C , R цифровой	Е7-8
4. Набор из 4 высокоточных конденсаторов C_{Π} с величиной емкости (ориентировочно) 5×10^{-10} Ф, 2×10^{-9} Ф, 20×10^{-9} Ф, 5×10^{-6} Ф.	К73-17
5. Набор из 8 высокоточных резисторов R_{Π} с величиной сопротивления (ориентировочно) 10 Ом, 100 Ом, 10^3 Ом, 10^4 Ом, 2×10^4 Ом, 10^5 Ом,	КЛМ, МРХ

Ом, 100 Ом, 10^3 Ом, 10^4 Ом, 2×10^4 Ом, 10^5 Ом, 10^6 Ом, 10^{10} Ом.			
6. Набор из 6 эквивалентных схем пьезопреобразователя:			
	C_0 , нФ	C, нФ	L, мН
№ 1 –	10	1	0,5
№ 2 –	100	10	10
№ 3 –	500	50	20
№ 4 –	10	1	20
№ 5 –	10	1 –	20
№ 6 –	10	1	20
В эквивалентных схемах № 5 и № 6 последовательно с индуктивностью включены активные сопротивления 75 Ом и 820 Ом соответственно.			

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены все правила техники безопасности при работе с аппаратурой «Цензурка-2» и средствами поверки, изложенные в эксплуатационной документации на эти устройства.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$ 10 – 40
- относительная влажность воздуха, при температуре окружающей среды 30°C , % до 95
- атмосферное давление, мм рт. ст. 630 – 800
- напряжение питающей сети, В $220 \pm 4,4$
- частота питающей сети, Гц $50 \pm 0,5$

5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед началом поверки аппаратура «Цензурка-2» и средства поверки должны быть включены для самопрогрева на время, указанное в эксплуатационной документации на эти устройства.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ -

6.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают отсутствие механических повреждений, могущих повлиять на работоспособность аппаратуры.

6.2. Определение метрологических характеристик

6.2.1. Проверка комплектности и маркировки аппаратуры «Цензурка-2».

При внешнем осмотре убедиться, что аппаратура «Цензурка-2» укомплектована в соответствии с п.1.4 и имеет маркировку согласно п.1.5 ТУ.

6.2.2. Проверка диапазона рабочих частот и погрешности установки частоты.

Подключить частотомер к выходу аппаратуры.

Установить на выходе аппаратуры «Цензурка-2» сигнал с частотой 0,3 кГц.

Измерить частоту сигнала с помощью частотомера. Результат считается удовлетворительным, если погрешность установки частоты меньше 0.5%.

Установить на выходе аппаратуры последовательно сигнал с частотой 30 кГц и 500 кГц.

Измерить частоту сигнала с помощью частотомера. Результат считается удовлетворительным, если погрешность установки частоты меньше 0.5%.

Если погрешность установки частоты превышает значения, полученные хотя бы в одном из пунктов, аппаратура «Цензурка-2» бракуется.

6.2.3. Проверка диапазона и погрешности измерения электрической емкости на низкой частоте.

Провести измерение мер емкости конденсаторов C_n измерителем L, C, R цифровым E7-8 (погрешность измерений 0,5%) и занести результаты в таблицу 1П.

Установить на выходе аппаратуры частоту сигнала 1 кГц.

Подключить последовательно каждый из поверочных конденсаторов к выходу аппаратуры и для каждого конденсатора провести измерения значения емкости по десять раз. Результаты измерений занести в таблицу 1П.

Провести статистическую обработку полученных результатов в следующем порядке:

а) вычислить среднеарифметическое значение емкости для десяти измерений

$$\bar{C} = \frac{\sum_{n=1}^{10} C_n}{10}; \quad (1)$$

б) вычислить среднеквадратичное отклонение результата

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{10} (C - C_n)^2}{9}} \quad (2)$$

Доверительную границу ε случайной погрешности результата измерения найти по формуле:

$$\varepsilon = t S / \sqrt{n} = t \sigma, \quad (3)$$

где $\sigma = S/(n)^{1/2}$, $t = 2.2$ - коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0.95$ и $n = 10$;

в) провести оценку неисключенной систематической погрешности измерений по формуле:

$$\theta = \left| \bar{C} - C_n \right| + \theta_n \quad (4)$$

где C_n - значение емкости, взятое из таблицы 1П (приложение);

θ_n - погрешность измерения C_n ;

г) провести оценку погрешности результата измерений следующим образом:

- проверить соотношение $\theta/\sigma < 0.8$; если это условие выполняется, то граница погрешности результата измерения емкости $\Delta = \sigma$;
- если $\theta/\sigma > 8$, то $\Delta = \theta$;
- если $0.8 < \theta/\sigma < 8$, то погрешность результата измерений рассчитывается по формуле:

$$\Delta = K \sigma_{\Sigma}; \quad (5)$$

$$K = \frac{tS + \theta}{S + \theta / \sqrt{3}} \quad \sigma_{\Sigma} = (\theta^2 / 3 + \sigma^2)^{1/2}$$

д) вычислить суммарную относительную погрешность $\delta\%$ по формуле:

$$\delta\% = (\Delta / C) \cdot 100\% \quad (6)$$

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если значение $\delta\%$ меньше или равно 5%. В противном случае аппаратура бракуется.

6.2.4. Проверка диапазона и погрешности измерения активной составляющей полного электрического сопротивления на частоте резонанса.

Провести измерение сопротивления резисторов измерителем L, C, R цифровым E7-8 (погрешность 0,5%) и занести результаты в таблицу 2П.

Подключить к выходу аппаратуры цепочку из параллельно соединенных сопротивления 10 Ом и емкости 0,5 нФ.

Установить на выходе аппаратуры частоту 0,3 кГц.

Провести измерения активного сопротивления цепочки 10 раз и занести результаты в таблицу 2П (см. приложение).

Провести обработку полученных результатов по формулам п. 6.2.3.

Повторить операции на частотах 30 кГц и 300 кГц.

Повторить операции для поверочных резисторов сопротивлением 100 Ом, 1000 Ом и 10000 Ом на частотах 0,3 кГц, 30 кГц и 300 кГц. (Для резистора 10000 Ом измерения проводить без параллельно включенной емкости 0,5 нФ).

Результаты считаются удовлетворительными, если $\delta\% < 10\%$.

6.2.5. Проверка диапазона и погрешности измерения сопротивления постоянному току.

Подключить к выходу аппаратуры сопротивление $R_{\Pi} = 1 \text{ кОм}$.

Провести измерения этого сопротивления с помощью аппаратуры «Цензурка-2» 10 раз и занести результаты в таблицу 3П (см. приложение)

Провести обработку полученных результатов по формулам п. 6.2.3.

Повторить операции для сопротивлений 100 кОм и 1 МОм.

Результаты считаются удовлетворительными, если $\delta\% < 10\%$.

Повторить операции для сопротивления 10^{10} Ом .

Результаты считаются удовлетворительными, если $\delta\% < 30\%$.

6.2.6. Проверка диапазона и погрешности измерения сопротивления изоляции

Выполнить операции по п. 6.2.5. для режима измерений сопротивления изоляции. Данные заносятся в таблицу 4П.

6.2.7. Проверка диапазона и погрешности измерения тангенса угла диэлектрических потерь.

Провести измерения $\operatorname{tg} \delta$ с помощью измерителя L, C, R цифрового Е7-8 для набора трех цепочек из параллельно соединенных конденсаторов и резисторов:

$$1 - C_1 = 20 \text{ нФ} \quad R_1 = 1 \text{ МОм}$$

$$2 - C_2 = 20 \text{ нФ} \quad R_2 = 100 \text{ кОм}$$

$$3 - C_3 = 20 \text{ нФ} \quad R_3 = 20 \text{ кОм}$$

и занести результаты в таблицу 5П(приложение)

Подключить каждую из цепочек к выходу аппаратуры, установить частоту 1 кГц и провести измерения $\operatorname{tg} \delta$ с помощью аппаратуры десять раз. Результаты измерений занести в таблицу 5П (приложение).

Провести обработку результатов измерений в порядке, указанном в п.6.2.3.

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если $\delta\% < 20\%$ для $\operatorname{tg} \delta = (1-6)\%$ (первая цепочка), $\delta\% < 10\%$ для $\operatorname{tg} \delta = (7-100)\%$ (вторая и третья цепочки). В противном случае аппаратура бракуется.

6.2.8. Проверка диапазона и погрешности измерения динамической емкости и индуктивности эквивалентной электрической схемы.

Провести измерения параметров эквивалентных схем №1 - №3 с помощью измерителя L, C, R цифрового Е7-8 и занести результаты в таблицу 6.

Подключить к выходу аппаратуры поверочную эквивалентную схему №1, состоящую из последовательно соединенных, емкости С и индуктивности L и включенных параллельно с этой цепочкой емкости C_0 .

Провести измерения параметров эквивалентной электрической цепи с помощью аппаратуры «» 10 раз. Результаты измерений занести в таблицу 6П.

Провести статистическую обработку результатов в порядке, определенном в п. 6.2.3.

Повторить операции для поверочных эквивалентных схем №2, №3.

Результаты считаются удовлетворительными, если $\delta\% < 10\%$. В противном случае аппаратура бракуется.

6.2.9. Проверка диапазона и погрешности измерения коэффициента электромеханической связи

Коэффициент электромеханической связи k_e определяется формулой $k_e = (C/C^T)^{1/2}$, в которой C – динамическая емкость, C^T – электрическая емкость на низкой частоте.

Учитывая результаты измерений по пп.6.2.3 и 6.2.8, можно утверждать, что диапазон измерения коэффициента электромеханической связи лежит в пределах 0,1 – 0,7.

Погрешность измерения коэффициента электромеханической связи рассчитывается по формуле

$$\delta(k_e) = \frac{1}{2} (\delta^2(C) + \delta^2(C^T))^{1/2} \quad (7)$$

Учитывая результаты, полученные по п.6.2.3 и п.6.2.8 можно утверждать, что $\delta(k_e) < 15\%$.

6.2.10. Проверка диапазона и погрешности измерения добротности

Подключить последовательно к выходу аппаратуры эквивалентные схемы №4 - №6 и провести измерение C , L , и R . Результаты измерений занести в таблицу 7П. Выполнить расчет добротности по формуле $Q = (L/C)^{1/2}/R$ и результаты также занести в таблицу 7П.

Погрешность измерения добротности определяется по формуле

$$\delta(Q) = (\delta^2(R) + (\delta^2(L) + \delta^2(C))/2)^{1/2} \quad (8)$$

Учитывая результаты, полученные по п.6.2.4, п.6.2.8 можно утверждать, что $\delta(Q) < 20\%$.

6.2.11. Проверка времени непрерывной работы

Включить аппаратуру «Цензурка-2»

Через 4 часа выполнить операции по пп. 6.2.2.- 6.2.8.

Выполнить операции по пп. 6.2.2.- 6.2.8. через 8 часов.

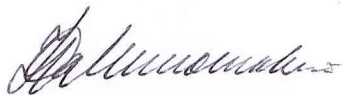
7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам поверки оформляется протокол.

В случае положительных результатов испытаний выдается свидетельство о поверке.

В случае отрицательных результатов поверки аппаратура в обращение не допускается и выдается извещение о непригодности к применению.

Начальник отдела
НКТБ «Пьезоприбор»



Ю.К. Милославский

Начальник отдела ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ



В.В. Супрунук

Таблицы результатов измерений

[illegible][illegible]

Таблица 6П

Экв. схема	C , нФ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 1	1										
№ 2	10										
№ 3	50										
	L , мН	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 1	0,5										
№ 2	5										
№ 3	20										

Таблица 7П

	№ 4	№ 5	№ 6
C , нФ			
L , мН			
R , Ом			