

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Аппаратура «Цензурка-ВЧ»

#### Назначение средства измерений

Аппаратура «Цензурка-ВЧ» предназначена для оперативного измерения параметров и контроля работоспособности пьезоэлементов и пьезопреобразователей в процессе их производства и эксплуатации в диапазоне 1 кГц–2 МГц.

Измерение параметров пьезопреобразователей осуществляется в трех режимах:

- динамическом режиме (измерение параметров в резонансной области частот);
- в низкочастотной области (измерение электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь на частоте 1 кГц);
- при постоянном напряжении 100 В проводятся измерения сопротивления изоляции и сопротивления постоянному току.

#### Описание средства измерений

Принцип измерений, реализованный в аппаратуре «Цензурка-ВЧ», показан на рисунке 1.

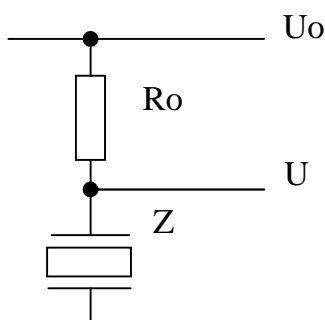


Рисунок 1

$U_0$  – опорное напряжение,  $U$  – падение напряжения на пьезоэлементе,  $R_0$  – резистор,  
 $Z$  – комплексный импеданс пьезопреобразователя

В аппаратуре реализован цифровой способ измерений, позволяющий возбуждать пьезопреобразователь широкополосным сигналом, спектр которого охватывает заданную область частот. В качестве такого сигнала в аппаратуре «Цензурка-ВЧ» используется сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

ЛЧМ сигнал формируется в ЭВМ программно в виде массива длиной  $N$ . Напряжения  $U_0(t)$  и  $U(t)$  подаются на вход двухканального аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а полученные таким образом отсчеты – через буферное запоминающее устройство в управляющую ЭВМ, где подвергаются дискретному преобразованию Фурье с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье. В результате получаются два комплексных массива длиной  $N/2$  каждый, соответствующие значениям  $U_0(\omega)$  и  $U(\omega)$  на частотах  $f[k] = kF_d/N$ ,  $k = 0, \mathbf{K}, N/2$ . Значения комплексной проводимости в полосе частот от 0 до  $Fd/2$  рассчитываются с использованием измеренных величин.

Принцип работы при квазистатических измерениях на частотах 100 Гц и 1000 Гц аналогичен, только в качестве АЦП используется 16-ти разрядный АЦП (относительно медленно действующий), который подключается к измерительному резистору  $R_0$  с помощью коммутатора входов.

Для расчета требуемых параметров преобразователя используется многоконтурная эквивалентная схема, динамическая часть которой состоит из нескольких соединенных

параллельно RLC–цепочек. Количество контуров эквивалентной схемы определяется по числу максимумов активной составляющей проводимости в заданной полосе частот.

Для измерения сопротивления изоляции и сопротивления постоянному току контролируемого пьезопреобразователя используется изолирующий усилитель. Измерения проводятся при подаче постоянного напряжения +100 В на пьезопреобразователь. При необходимости перед измерением проводится выдержка напряжения 100 В в течение 1 мин (длительность выдержки задается программным путем).

Аппаратура «Цензурка-ВЧ» (рисунок 2) является настольной приборной аппаратурой и состоит из двух основных частей: блока измерительного и управляющей ЭВМ (покупного изделия). Управляющая ЭВМ (ноутбук совместимый с персональными компьютерами фирмы IBM) с операционной системой Windows имеет специальное программное обеспечение (СПО), реализующие функции управления работой аппаратуры «Цензурка-ВЧ» и совместно с блоком измерительным измерение, расчет и отображение следующих параметров:

- активной составляющей полного электрического сопротивления;
- величины косинуса угла разности фаз между током и напряжением;
- электрической емкости преобразователя на 1 кГц;
- сопротивления изоляции преобразователя и внутреннего сопротивления постоянному току при подаче постоянного напряжения 100 В;
- тангенса угла диэлектрических потерь.
- резонансной частоты преобразователя;
- антирезонансной частоты преобразователя;
- добротности преобразователя;
- активного сопротивления преобразователя на частоте резонанса;
- коэффициента электромеханической связи преобразователя;
- электрофизические параметры материала пьезоэлемента (относительная диэлектрическая проницаемость, пьезомодуль, удельное объемное электрическое сопротивление, скорость звука).

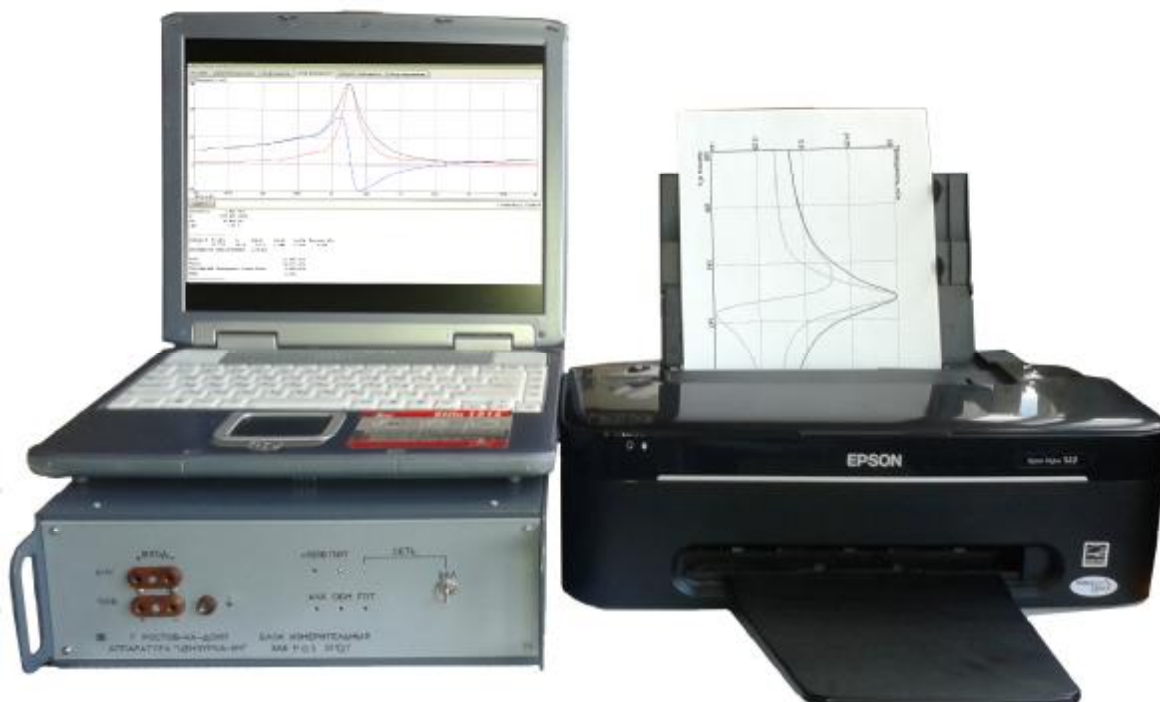


Рисунок 2 – Внешний вид аппаратуры «Цензурка-ВЧ»

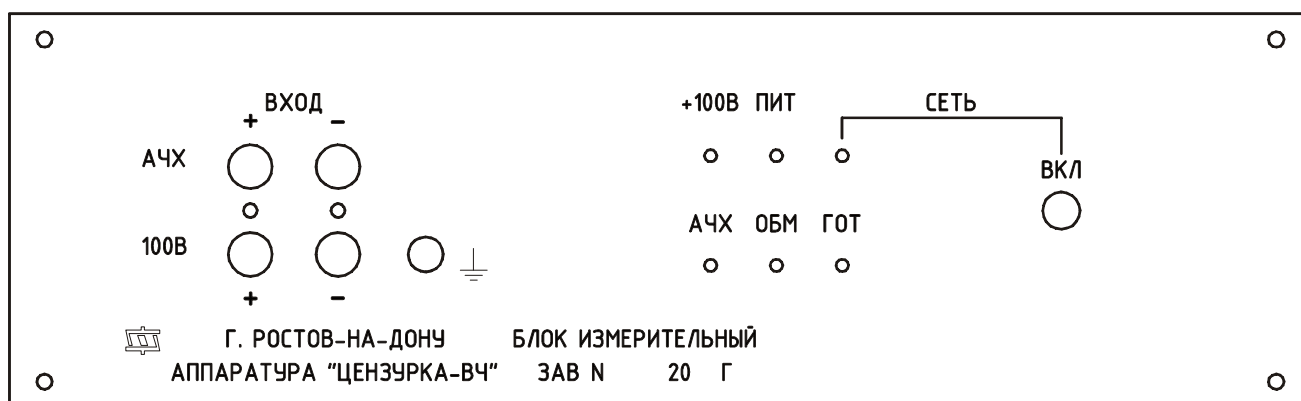


Рисунок 2 - Панель передняя блока измерительного

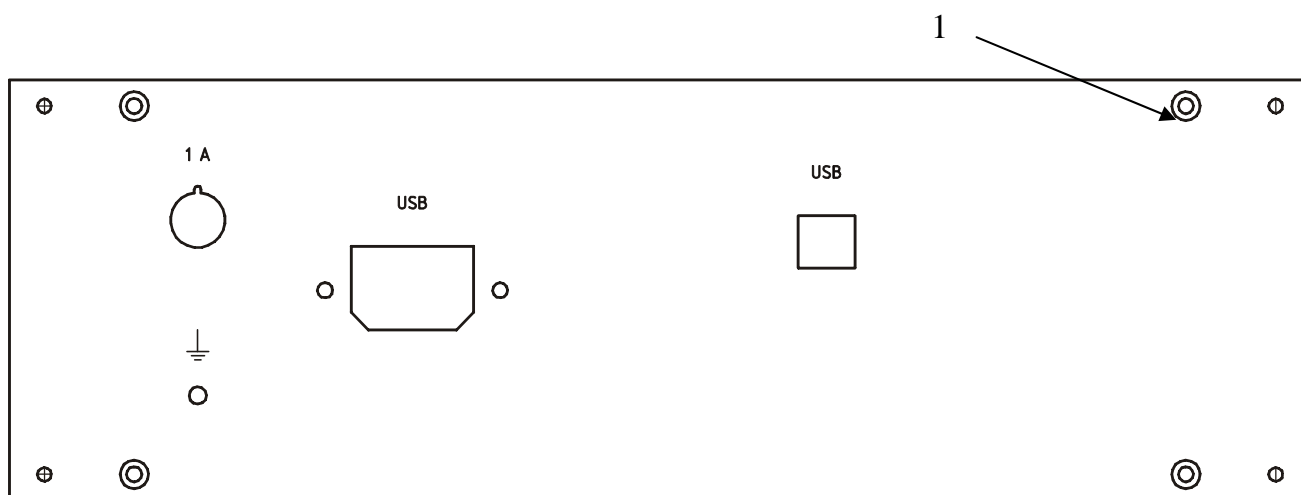


Рисунок 3 - Панель задняя блока измерительного

1 - место пломбировки. Технические требования по ГОСТ 18680-73.  
Пломбировать замазкой уплотнительной У-20 ТУ 38-105357-85.

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) аппаратуры «Цензурка-ВЧ» состоит из кода программы. ПО является устанавливаемым дистрибутивом ПО (файл SetupCHF\_ver.1.0.0.exe), который предустанавливается при поставке аппаратуры. ПО аппаратуры исполняется на процессоре управляющей ПЭВМ. ПО аппаратуры рассматривается как метрологически значимое.

ПО аппаратуры «Цензурка-УМ», предназначено для решения следующих основных задач:

- измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь пьезоэлемента или пьезопреобразователя на заданной частоте (1 кГц);
- измерение комплексной проводимости пьезопреобразователя в заданной полосе частот (1–2000) кГц;
- определение значений резонансной и антирезонансной частот;
- расчет параметров эквивалентной схемы пьезопреобразователя в окрестности резонанса;
- расчет электрофизических параметров пьезоэлемента;
- измерение внутреннего сопротивления  $R_{внут}$  постоянному току и сопротивлений изоляции  $R_+$  и  $R_-$ ;

- взаимодействие с оператором, отображение и сохранение результатов измерений, в том числе в графическом виде;
- накопление в базе данных результатов измерений, формирование, отображение в заданном оператором виде и сохранение отчетов о результатах измерений, получение их твердой копии на бумажном носителе.

Таблица 1

Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Другие идентификационные данные	Алгоритм вычисления контрольной суммы
Censurka HF	Ver1.0.0	8bcead2b	Программное обеспечение аппаратуры «Цензурка-ВЧ»	CRC32

Уровень защиты ПО аппаратуры соответствует уровню «С».

Коды программы не могут быть модифицированы простыми программными средствами (защита на уровне структуры двоичного файла при его компиляции в среде разработки). В кодах ПО присутствует процедура контроля за контрольной суммой исполняемого файла. При запуске ПО аппаратуры происходит проверка текущей контрольной суммы кода программы с записанной контрольной суммой. В случае отличия этих контрольных сумм программа аппаратуры останавливается и на экран выводится сообщение об ошибке проверки контрольной суммы. Метрологически значимая часть ПО аппаратуры и измеренные данные достаточно защищены с помощью специальных средств защиты от преднамеренных и не преднамеренных изменений.

#### Метрологические и технические характеристики

Диапазон рабочих частот, кГц	1 – 2000
Диапазон измерения активной составляющей полного электрического сопротивления на частоте резонанса, Ом	5 - 10 <sup>4</sup>
Диапазон измерения косинуса разности фаз между током и напряжением	0±1
Диапазон измерения сопротивления изоляции и внутреннего сопротивления постоянному току, Ом	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>10</sup>
Диапазон измерения электрической емкости на частоте 1 кГц, Ф	5×10 <sup>-10</sup> -5×10 <sup>-7</sup>
Диапазон измерения тангенса угла диэлектрических потерь, %	1 – 100
Диапазон определяемых значений добротности	2 – 600
Диапазон определяемых значений коэффициента электромеханической связи	0,1 - 0,7
Пределы допустимой относительной погрешности установки частоты, %	±0,5
Пределы допустимой относительной погрешности измерения частоты резонанса, %	±1
Пределы допустимой относительной погрешности измерения частоты антирезонанса, %	±2

Пределы допустимой относительной погрешности измерения сопротивления на частоте резонанса	
для диапазона от 5 до 10 Ом вкл., %	±25
для диапазона свыше 10 до 10 <sup>4</sup> Ом, %	±10
Пределы допустимой относительной погрешности измерения косинуса разности фаз между током и напряжением, %	±10
Пределы допустимой относительной погрешности измерения сопротивления изоляции и сопротивления постоянному току	
для диапазона от 10 <sup>3</sup> до 10 <sup>6</sup> Ом вкл., %	±10
для диапазона свыше 10 <sup>6</sup> до 10 <sup>10</sup> Ом, %	±25
Пределы допустимой относительной погрешности измерения электрической емкости на частоте 1 кГц, %	±5
Пределы допустимой относительной погрешности измерения тангенса угла диэлектрических потерь	
для диапазона от 1 до 6 % вкл., %	±20
для диапазона свыше 6 до 100 %, %	±10
Пределы допустимой относительной погрешности определения добротности, %	±20
Пределы допустимой относительной погрешности определения коэффициента электромеханической связи, %	±15
Электрическая изоляция выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение синусоидальной формы частотой 50 Гц между сетевыми цепями и корпусом изделия:	
- при нормальных условиях, В, не менее	700
Электрическое сопротивление изоляции между цепями питания изделия и его корпусом, не менее:	
- в нормальных условиях применения, МОм	20
Электрическое сопротивление между заземляющим контактом сетевой вилки и корпусом изделия, не более, Ом	0,5
Время установления рабочего режима, мин, не более	5
Время непрерывной работы в нормальных условиях, ч, не менее	8
при питании от сети переменного тока:	
- напряжением, В	220±22
- частотой, Гц	50±1
Нормальные условия применения:	
температура окружающего воздуха	(25 ± 5) °С
относительная влажность воздуха	(60 ± 20) %
Потребляемая мощность при номинальном напряжении:	
- блока измерительного, В·А, не более	100
- управляющей ЭВМ - приводится в документации на это изделие	
Масса аппаратуры «Цензурка-ВЧ»:	
- блок измерительный, кг, не более	5
Габаритные размеры аппаратуры «Цензурка-ВЧ»:	
- блок измерительный (д×ш×в), мм, не более	360×310×120
- габаритные размеры управляющей ЭВМ и печатающего устройства приводятся в документации на эти изделия.	

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится методом металлографии на лицевую панель блока измерительно-коммутационного аппаратуры «Цензурка-ВЧ» и типографским методом на титульные листы эксплуатационной документации.

### Комплектность средства измерений

В комплект поставки входят:

- блок измерительный 68.91.01.00.000;
- управляющая ЭВМ;
- блоки эквивалентов для поверки (БЭП N1 ÷ БЭП N5 )- 5 шт;
- программное обеспечение, установленное в ЭВМ и реализующее заданные функции;
- паспорт 68.91.00.00.000 ПС;
- руководство по эксплуатации 68.91.00.00.000 РЭ;
- методика поверки 68.91.00.00.000 МП.

### Поверка

осуществляется по документу 68.91.00.00.000 МП «Аппаратура «Цензурка-ВЧ». Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФБУ «Ростовский ЦСМ» « 29 » ноября 2013 г.

Перечень основного оборудования необходимого для поверки аппаратуры «Цензурка-ВЧ» представлен в таблице 2.

Таблица 2

Наименование установки или прибора	Тип, обозначение, изготовитель	Номер Госреестра	Основные технические характеристики
1	2	3	4
Осциллограф цифровой Tektronix	TDS 3032b	24021-02	(0 - 300) МГц; ПГ ±0,002 % 1 мВ – 10 В; ПГ ±2 %
Измеритель параметров иммитанса НЮКИ	3532-50	31984-06	42 Гц – 5 МГц; ПГ: ±(0,08 - 20) по D ±(0,0013 - 0,3)
Тераомметр	E6-13A	4649-75	(10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>13</sup> ) Ом ПГ ±2,0%

### Сведения о методиках (методах) измерений

Сведения о методах измерений изложены в руководстве по эксплуатации «Аппаратура «Цензурка-ВЧ» 68.91.00.00.000 РЭ.

### Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к аппаратуре «Цензурка-ВЧ»

ОСТ 11 044-87. Материалы пьезокерамические. Технические условия.

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

### Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Применяются вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений.

### Изготовитель

Научное конструкторско-технологическое бюро «Пьезоэлектрического приборостроения» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» (НКТБ «Пьезоприбор» ЮФУ).

Россия, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова,10, тел. (863)222-34-01, факс (863)243-48-44, e-mail: [piezo@sfedu.ru](mailto:piezo@sfedu.ru); <http://www.piezo.rsu.ru>

**Испытательный центр**

Государственный центр испытаний средств измерений Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Ростовской области» (ГЦИ СИ ФБУ «Ростовский ЦСМ»).

Адрес: 344010, г. Ростов-на-Дону, пр. Соколова, 58.

Тел.: (863)264-19-74, 290-44-88, факс: (863)291-08-02, 290-44-88.

e-mail: [rost\\_csm@aanet.ru](mailto:rost_csm@aanet.ru), [metrcsm@aanet.ru](mailto:metrcsm@aanet.ru)

Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФБУ «Ростовский ЦСМ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30042-08 от 30.12.2008 г.

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

Ф.В. Бульгин

М.п.                    «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.