

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель службы качества
ФГУП «ВНИИОФИ»



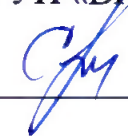
 Н.П. Муравская

« 14 » 12 2017 г.

Системы для амбулаторной регистрации ЭЭГ и ПСГ «Нейрон-Спектр-СМ»

Методика поверки
МП 051.Д4-17

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

 С.Н. Негода

« 14 » 12 2017 г.

Москва
2017 г.

Введение

Настоящая методика поверки распространяется на системы для амбулаторной регистрации ЭЭГ и ПСГ «Нейрон-Спектр-СМ» (далее – системы) производства ООО «Нейрософт», Россия, г. Иваново и устанавливает порядок, методы и средства проведения их первичной и периодических поверок.

Системы предназначены для измерений, регистрации электроэнцефалографических сигналов (ЭЭГ); а также для регистрации электромиографических (ЭМГ) сигналов, электрокардиосигнала (ЭКГ), электроокулограммы (ЭОГ), показателей кровоснабжения, дыхательной и двигательной активности человека в любом незранированном помещении с последующей передачей сигналов в цифровом виде в персональный компьютер для обработки, анализа и хранения.

Интервал между поверками – 1 год.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.1	Да	Да
2 Опробование	6.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик системы (канал ЭЭГ)	6.3	Да	Да
3.1 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений напряжения входных сигналов	6.3.1	Да	Да
3.2 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений временных интервалов. Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки скорости развертки при регистрации сигналов ЭЭГ	6.3.2	Да	Да
3.3 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки чувствительности	6.3.3	Да	Да

1.2 При получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции, поверка прекращается.

1.3 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяются средства поверки и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки и вспомогательное оборудование

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип образцового средства измерений, вспомогательного оборудования; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.3 6.3.1 6.3.2	Генератор функциональный ГФ-05 с ПЗУ: 4. ГРСИ № 11789-03. Диапазон частот: от 0,01 до 600,00 Гц; Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 0,1 \%$; Диапазон размаха напряжения выходного сигнала от 0,03 мВ до 10,00 В; Пределы допускаемой относительной погрешность установки размаха напряжения выходного сигнала: $\pm 0,9 \%$ для значения размаха 1,0 В; $\pm 1,0 \%$ для значения размаха 1,0 мВ; $\pm 1,25 \%$ для значений размаха: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 В; $\pm 1,5 \%$ для значений размаха: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 мВ; $\pm 2,5 \%$ для значений размаха 0,1; 0,2 В; $\pm 3,0 \%$ для значений размаха 0,1; 0,2 мВ; $\pm 8,0 \%$ для значений размаха 0,03; 0,05 В; $\pm 9,5 \%$ для значений размаха 0,03; 0,05 мВ.
6.3.1 6.3.2	Поверочное коммутационное устройство ПКУ-ЭЭГ (Приложение Б). Параметры эквивалента «кожа-электрод»: R1 ... R16 = 22 кОм $\pm 1 \%$; R17 = 100 Ом $\pm 5 \%$; C1 ... C16 = 3300 пФ $\pm 5 \%$. Коэффициент деления установленного на ГФ-05 значения размаха выходного сигнала: (10000 $\pm$ 50) – между гнездами с нечетными и четными номерами; (20000 $\pm$ 100) – между гнездами с любым номером и гнездом «N».
6.3.1	Генератор сигналов сложной формы AFG3022B. ГРСИ № 41694-09. Диапазон частот от 1 мГц до 25 МГц, ПГ ± 1 мГц. Диапазон напряжений от 10 мВ до 10 В, ПГ $\pm 1 \%$ от величины 1 мВ
6.3.2	Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427-75. ГРСИ № 20048-05. Лупа измерительная ЛИ-3-10 ^x . ГРСИ № 62981-16. Увеличение – 10; пределы измерений – от 0 до 20 мм.

2.2 Средства поверки, указанные в таблице 2 должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

2.3 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 2, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью и допущенных к применению на территории Российской Федерации в установленном порядке.

3 Требования к квалификации поверителей и требования безопасности

3.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений, изучившие техническую документацию на средства поверки и поверяемые средства измерений, настоящую методику поверки и имеющие не ниже II квалификационной группы по электробезопасности.

3.2 При проведении поверки должны соблюдаться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на используемые средства поверки.

4 Условия поверки

4.1 При проведении поверки следует соблюдать следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление $(101,3 \pm 4,0)$ кПа (760 ± 30) мм рт.ст.;
- относительная влажность воздуха $(65 \pm 15) \%$;
- напряжение питающей сети (220 ± 22) В;
- частота питающей сети $(50,0 \pm 0,5)$ Гц;
- на рабочем месте сетевые цепи для исключения электромагнитных помех следует разнести от входных цепей системы на расстояние не менее одного метра;
- вблизи рабочего места нужно обеспечить отсутствие источников электромагнитных помех.
- помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

5 Подготовка к поверке

5.1 Проверить наличие свидетельств о поверке или знаков поверки на средствах поверки.

5.2 Перед началом работы необходимо подготовить к работе средства поверки и систему согласно эксплуатационной документации (ЭД).

6 Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- наличие ЭД (паспорта, РЭ, РП и МП);
- соответствие комплекта поставки системы данным, приведенным в ЭД;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих нормальной работе;
- исправность соединительных разъемов на блоке регистрации системы;
- обеспечение чистоты разъемов соединительных кабелей.

Примечание – Допускается проводить поверку системы без запасных частей и принадлежностей, не влияющих на ее работоспособность и результаты поверки.

Систему считают прошедшей операцию поверки, если выполняются требования, изложенные в п. 6.1.1.

6.2 Опробование

Система состоит из персонального компьютера и блока регистрации. Передача данных от блока регистрации к персональному компьютеру может осуществляться либо с помощью флеш-карты памяти формата SD или MMC, либо с использованием беспроводной сети Wi-Fi. Для использования беспроводной сети ПК должен быть подключен к локальной сети, имеющей в своем составе точки доступа, либо сам должен быть оборудован адаптером беспроводной сети.

6.2.1 Установить на компьютер программное обеспечение «Нейрон-Спектр.NET» (далее ПО) с электронного носителя, входящего в комплект поставки. ПО **обязательно** должно устанавливаться **до** первого подключения системы к компьютеру. Предварительно ознакомиться с соответствующим разделом РП на ПО.

Установить в батарейный отсек блока регистрации аккумуляторы, соблюдая полярность, указанную в маркировке на дне батарейного отсека. Перед установкой аккумуляторов провести их зарядку.

Включить блок регистрации, затем с помощью трех кнопок навигации по меню выполнить поиск доступных беспроводных сетей, отображаемых на экране жидкокристаллического дисплея. Выбрать среди найденных сетей ту, к которой желаете подключиться, и указать ее параметры безопасности (тип шифрования, ключ). После того как на экране блока регистрации появится надпись «Прибор готов к работе с программой», вы можете начинать работу с ним с помощью программы «Нейрон-Спектр.NET». Настройка параметров ПО персонального компьютера и блока регистрации, для работы в беспроводной сети Wi-Fi, подробно описана в РП на ПО.

Систему считают прошедшей операцию проверки, если выполняются операции, изложенные в п. 6.2.1.

6.2.2 Проверка функционирования и подтверждение соответствия программного обеспечения

В процессе запуска ПО на экране монитора ПК проверить идентификационное наименование и номер версии ПО, используемой в составе установочного пакета ПО системы на персональном компьютере, сравнить их с данными, приведенными в ЭД на систему.

Идентификационные данные метрологически значимой части ПО, встроенного в память блока регистрации не проверяют. Конструкция блока регистрации системы исключает возможность несанкционированного влияния на ПО СИ и измерительную информацию. Доступ к ПО имеют только сервисные инженеры фирмы-производителя.

После запуска ПО убедитесь в появлении на экране монитора ПК главного меню с командными кнопками и кнопками-ускорителями. Устанавливая указатель мыши на соответствующей кнопке-ускорителе, убедитесь в том, что рядом с изображением кнопки появляется информация о назначении выбранной кнопки. Устанавливая указатель мыши на командных кнопках, убедитесь в открытии соответствующих этим кнопкам подменю.

Систему считают прошедшей операцию проверки, если выполняются требования п. 6.2.2., идентификационное наименование и номер версии ПО, используемой в составе установочного пакета ПО системы на персональном компьютере, соответствуют приведенным в описании типа.

6.3 Определение метрологических характеристик системы (канал ЭЭГ)

Сущность определения метрологических характеристик системы в режиме электроэнцефалографа сводится к сравнению формы и амплитудно-временных параметров нормированного ЭЭГ-сигнала, подаваемого с выходов генератора ГФ-05 через эквиваленты кожного сопротивления объекта ПКУ-ЭЭГ на входы электронного блока системы, с формой и результатами измерений амплитудно-временных параметров записи этого сигнала на экране монитора и на бланке печати.

6.3.1 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений напряжения входных сигналов

Проверку диапазона и определение относительной погрешности измерений напряжения входных сигналов проводят с использованием генератора ГФ-05 согласно схеме, приведенной на рисунке 1.

Включить генератор ГФ-05. Соединить поверяемую систему, функциональный генератор и ПКУ-ЭЭГ, обратив особое внимание на качество заземления и защиту мест контактных соединений от воздействия помех.

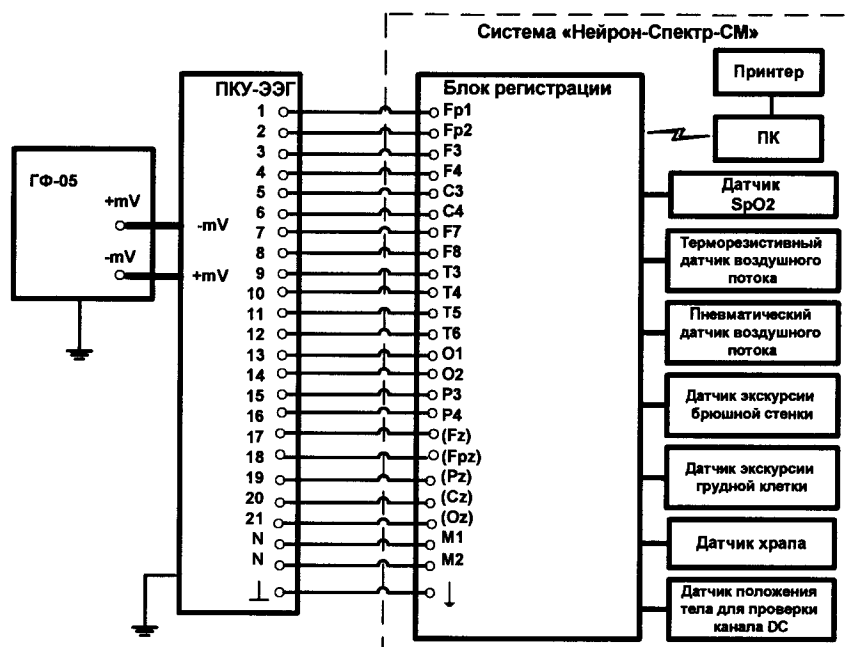


Рис. 1 – Схема соединения приборов при проверке системы в режиме ЭЭГ-исследований.

Органы управления генератора ГФ-05 с ПЗУ «4» установить в следующее положение:

Вид сигнала – нажата кнопка «А» (синусоидальный сигнал);

ЧАСТОТА, Hz – нажаты кнопки «5» (5 Гц);

РАЗМАХ СИГН, V, mV – нажаты кнопки согласно таблице 3.

Запустить программу «Нейрон-Спектр.NET». В главном окне программы нажать кнопку «Монтаж», в появившемся окне «Управление монтажами» выбрать тип прибора «Нейрон-Спектр-СМ», монтаж регистрации «Монополярный 21» и нажать кнопку «Заккрыть». В главном окне программы нажать кнопку «Новое обследование» на панели инструментов или воспользоваться пунктом главного меню «Обследование|Новое...». Также создать новое обследование можно с помощью сочетания клавиш [Ctrl+N]. В появившемся окне ввести данные обследуемого (серийный номер блока) и нажать кнопку «ОК».

В программе установить частоту квантования 1000 Гц, ФВЧ 0,5 Гц, ФНЧ 15 Гц.

Провести регистрацию синусоидального сигнала в 21 канале при установленных значениях скорости развертки 30 мм/с и чувствительности согласно таблице 3.

Таблица 3

РАЗМАХ СИГН (нажаты кнопки на ГФ-05), мВ	Номинальное значение размаха сигнала на входах каналов, мкВ	Чувстви- тельность, мкВ/мм	Допускаемые измеренные значения размаха сигнала, мкВ	
			мин	макс
0,2	10	1	7,5	12,5
0,4	20	5	15	25
1,0	50	10	37,5	62,5
2,0	100	20	93	107
5,0; 4,0 и 1,0	500	100	465	535
240 *	12000	1000	11160	12840

* Проверка в данном режиме проводится с использованием генератора AFG3022B (по схеме рис. 1 взамен ГФ-05) и подачей сигнала частотой 5 Гц и амплитудой 240 мВ.

Провести измерения размаха синусоиды во всех каналах, при всех значениях размаха сигнала, по три раза (путем заключения в рамку при нажатой клавише Shift и ЛКМ).

Примечание – При измерениях допускается отображение на экране количества каналов, удобных для проведения измерений (лишние каналы убирают с экрана путем установки курсора на наименование канала, последующим нажатием ПКМ и нажатием ЛКМ по позиции «Скрыть все кроме»), а также изменения значений чувствительности.

Относительную погрешность измерений напряжения вычислить по формуле 1:

$$\delta_u = \frac{U_{изм} - U_{вх}}{U_{вх}} \cdot 100 \% , \quad (1)$$

где $U_{изм}$ – измеренное значение размаха сигнала, мкВ;

$U_{вх}$ – номинальное значение размаха входного сигнала, мкВ.

Систему считают прошедшей операцию поверки, если:

- диапазон измерений напряжения входных сигналов от 10 до 12000 мкВ;
- пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения входных сигналов в диапазоне от 10 до 50 мкВ включ. $\pm 25 \%$; а в диапазоне св. 50 до 12000 мкВ включ. $\pm 7 \%$.

6.3.2 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений временных интервалов. Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки скорости развертки при регистрации сигналов ЭЭГ

Проверку проводят согласно схеме, приведенной на рисунке 1, путем записи синусоидального сигнала с размахом 100 мкВ (на ГФ-05 РАЗМАХ СИГН, V, mV нажата кнопка «2,0» (2 мВ)) с частотой согласно таблице 4.

В программе установить частоту квантования 1000 Гц, ФВЧ 0,05 Гц, ФНЧ 35 Гц, режекторный фильтр выключен.

Провести регистрацию синусоидального сигнала в 21 канале при установленных значениях скорости развертки согласно таблице 4.

Вручную с использованием клавиш Shift и ЛКМ в любом канале измерить длительность одного и пяти периодов синусоиды. Провести измерения еще два раза.

Вывести изображения сигналов из окна на печать. С помощью линейки измерить линейные размеры одного и пяти периодов синусоиды. Измеренные значения сравнить с данными, приведенными в таблице 4.

Таблица 4

№ п/п	Частота входного сигнала, Гц	Установка скорости развертки, мм/с	Допускаемые значения длительности, мс (с) (мм – на бланке печати)					
			одного периода, мс (мм)			пяти периодов, с (мм)		
			ном	мин	макс	ном	мин	макс
			1	2	3	4	5	6
1	0,5	1	2000 (2,0)	1960 (1,9)	2040 (2,1)	-	-	-
2	0,5	3	2000 (6,0)	1960 (5,9)	2040 (6,1)	10,0 (30,0)	9,8 (29,4)	10,2 (30,6)
3	0,5	7	2000 (14,0)	1960 (13,7)	2040 (14,3)	-	-	-
4	0,75	15	1333 (20,0)	1306 (19,6)	1360 (20,4)	6,67 (100)	6,53 (98)	6,80 (102)
5	0,75	25	1333 (33,3)	1306 (32,6)	1360 (34,0)	-	-	-
6	1,0	30	1000 (30,0)	980 (29,4)	1020 (30,6)	5,0 (150)	4,9 (147)	5,1 (153)
7	2,0	50	-	-	-	2,5 (125,0)	2,45 (122,5)	2,55 (127,5)
8	5	60	200 (12,0)	196 (11,7)	204 (12,3)	1,00 (60,0)	0,98 (58,8)	1,02 (61,2)
9	10	120	100 (12,0)	98 (11,7)	102 (12,3)	0,50 (60,0)	0,49 (58,8)	0,51 (61,2)
10	25	240	40,0 (9,6)	39,2 (9,4)	40,8 (9,8)	-	-	-
11	25	480	40,0 (19,2)	39,2 (18,8)	40,8 (19,6)	-	-	-
12	25	960	40,0 (38,4)	39,2 (37,6)	40,8 (39,2)	-	-	-
13	100*	1000	10,1 (10,0)	9,9 (9,8)	10,3 (10,2)	-	-	-

Примечание:

1. При подаче сигнала 100 Гц установить ФВЧ 0,05 Гц, ФНЧ 200 Гц, режектор выкл. Допускается искажение синусоидального сигнала.

2. Прочерки в графах означают, что измерения для пяти периодов сигнала не проводятся. Допускается измерения на бланке печати ограничить для записи по 4-й строке таблицы 4.

При измерении линейных размеров (в мм) временных интервалов сигналов на бумажном носителе перевод их в мс производится по формуле 2:

$$T_n = \frac{1000 \cdot L_n}{V_y}, \quad (2)$$

где T_n – интервал времени, мс;

L_n – измеренные значения линейных размеров временного параметра сигнала между соответствующими точками, мм;

V_y – установленное значение скорости развертки, мм/с.

Относительную погрешность измерений временных интервалов вычислить по формуле 3:

$$\delta_T = \frac{T_{\text{и}} - T_{\text{ном}}}{T_{\text{ном}}} \cdot 100 = \frac{L_{\text{и}} - L_{\text{ном}}}{L_{\text{ном}}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где $L_{\text{и}}$ и $L_{\text{ном}}$ – соответственно измеренное и номинальное значения линейного размера по горизонтали, мм, соответствующее интервалам времени $T_{\text{и}}$ и $T_{\text{ном}}$, с.

Относительную погрешность установки скорости развертки вычислить по формуле 4:

$$\delta_c = \frac{L_{\text{ном}}/T_{\text{и}} - C_y}{C_y} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где $L_{\text{ном}}$ – номинальное значение линейных размеров временных параметров сигнала между соответствующими точками, мм;

$T_{\text{и}}$ – измеренный интервал времени, мс;

C_y – установленное значение скорости развертки, мм/с.

Систему считают прошедшей операцию поверки, если измеренные значения соответствуют указанным в таблице 4, а также:

- диапазон измерений временных интервалов от 0,01 до 10,00 с;
- пределы допускаемой относительной погрешности измерений временных интервалов $\pm 2 \%$;
- диапазон задания значений скорости развертки при регистрации сигналов ЭЭГ от 1 до 1000 мм/с;
- пределы допускаемой относительной погрешности установки скорости развертки $\pm 2 \%$.

6.3.3 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки чувствительности

Проверку проводят согласно схеме, приведенной на рисунке 1.

6.3.3.1 В адаптер генератора ГФ-05 установить ПЗУ «4». Органы управления генератора ГФ-05 установить в следующее положение:

ВИД СИГНАЛА – нажата кнопка «А» (синусоидальный сигнал);

РАЗМАХ СИГН V, mV нажата кнопка «2,0» (100 мкВ на входах каналов ЭЭГ);

ЧАСТОТА Hz нажата кнопка «10» (10 Гц).

В программе установить чувствительность 10 мкВ/мм; скорость развертки 120 мм/с; ФНЧ 35 Гц; ФВЧ 0,5 Гц; частота квантования 1000 Гц; режекторный фильтр включен.

Провести запись сигнала в течение времени от 20 до 30 секунд.

На панели инструментов, командой «Анализ|Амплитудный анализ|Таблица амплитуд», вызвать окно «Таблица амплитуд». В колонке «Максимальная амплитуда, мкВ» таблицы проверить измеренные значения размаха синусоиды во всех каналах ЭЭГ.

Вывести изображения сигналов из окна на печать. С помощью линейки измерить линейные размеры размаха синусоиды (h_u , мм).

Измерения провести в трех местах (в левой, средней и правой части) бланка печати.

Относительную погрешность установки чувствительности вычислить по формуле 5:

$$\delta_s = \frac{U_{\text{вх}}/h_u - S_y}{S_y} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где $U_{\text{вх}}$ – размах входного сигнала, мкВ;

S_y – установленное значение чувствительности, мкВ/мм.

Вывести изображения сигналов из окна на печать при установке значений чувствительности 1, 2, 5, 7 и 20 мкВ/мм и определить относительную погрешность установки чувствительности по формуле (5).

Аналогичные операции записи и измерений провести при установке на входах каналов ЭЭГ размаха входного синусоидального сигнала 400 мкВ (на ГФ-05 нажаты кнопки «5,0», «2,0» и «1,0» (8 мВ)) и чувствительности 50 мкВ/мм.

Провести измерения размаха сигнала при установленных значениях чувствительности 70, 100, 200 и 500 мкВ/мм по три раза.

Систему считают прошедшей операцию поверки, если:

- диапазон задания значений чувствительности от 1 до 500 мкВ/мм;
- пределы допускаемой относительной погрешности установки чувствительности $\pm 5\%$.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки заносятся в протокол (приложение А).

7.2 При положительных результатах поверки систему признают пригодной к применению и в руководство по эксплуатации (паспорт) наносят знак поверки или выдают свидетельство о поверке в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815».

7.3 При отрицательных результатах поверки систему к применению не допускают, выписывают извещение о непригодности к применению в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

7.4 В зависимости от характера неисправности система подлежит ремонту, по окончании которого проводится первичная поверка.

Начальник отдела ФГУП «ВНИИОФИ»

А.В. Иванов

Ведущий инженер ФГУП «ВНИИОФИ»

М.Ю. Филиппова

Приложение А (рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ
первичной/периодической поверки
от « ____ » _____ 201 ____ года

Средство измерений _____

Наименование СИ, тип _____

Зав. № _____

Принадлежащее _____
Наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 051.Д4-17 _____

Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован) _____

С применением эталонов _____
(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)При следующих значениях влияющих факторов: _____
(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

Получены результаты метрологических характеристик:

Метрологические характеристики	Требования технической документации	Результат измерений	Вывод

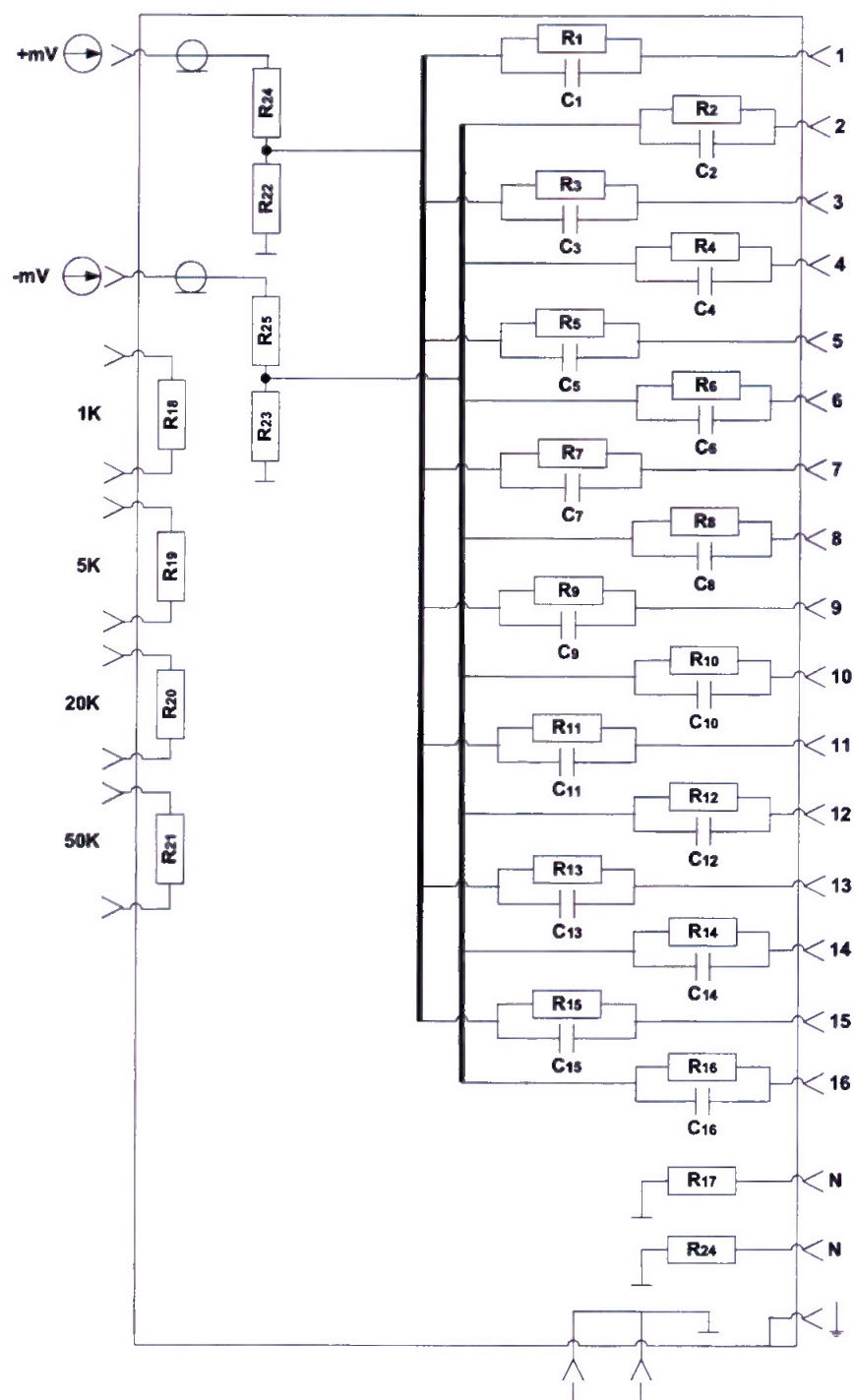
Рекомендации _____
Средство измерений признать пригодным (или непригодным) к применению

Исполнитель _____

Должность _____ подпись, ФИО

Приложение Б (обязательное)

Схема электрическая принципиальная ПКУ-ЭЭГ



$R_1 \dots R_{16} - 22 \text{ кОм} \pm 1 \%$; $R_{22}, R_{23} - 1 \text{ кОм} \pm 0,1 \%$; $C_1 \dots C_{16} - 3300 \text{ пФ} \pm 5 \%$; $R_{17}, R_{24} - 100 \text{ Ом} \pm 5 \%$; $R_{18} - 1 \text{ кОм} \pm 1 \%$; $R_{19} - 5 \text{ кОм} \pm 1 \%$; $R_{20} - 20 \text{ кОм} \pm 1 \%$; $R_{21} - 50 \text{ кОм} \pm 1 \%$, $R_{24}, R_{25} - 19 \text{ кОм} \pm 0,1 \%$.