

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ФГУП «ВНИИМС»
Руководитель ГЦИ СИ ВНИИМС

_____ В.Н. Яншин
" ____ " _____ 2003 г.

МОСТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ

МЕР-4СА

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

СОГЛАСОВАНО

Нач. сектора высоких
напряжений переменного
тока ФГУП "ВНИИМС"

_____ И.П. Зубков

Москва
2003 г.

Настоящая методика определяет порядок проведения первичной и периодической проверок мостов переменного тока высоковольтных МЭП-4СА, выпускаемых по ТУ 4121-003-75617971-2007, и устанавливает методы и средства их проверки.

Мосты МЭП-4СА предназначены для измерения в автоматическом режиме электрической емкости C_x в диапазоне от 10 пФ до 1 мкФ, тангенса угла потерь $\text{tg}\delta$ в диапазоне от 0,0001 до 1,0 для жидких и твердых электроизоляционных материалов, а также изоляции электротехнических устройств. Мост позволяет контролировать значения напряжения, подаваемого на объект, и его частоту.

Проверка мостов МЭП-4СА проводится с применением мер емкости Р597 и составных мер тангенса угла потерь на основе мер Р597 и резисторов С2-29 в соответствии с рекомендациями ГОСТ 8.294-85.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении проверки моста должны быть выполнены операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование операции	Пункт методики проверки
1. Внешний осмотр	5.1
2. Опробование	5.2
3. Определение основной относительной погрешности измерения емкости и абсолютной погрешности измерения тангенса угла диэлектрических потерь $< 10^{-3}$.	5.3
4. Определение основной относительной погрешности измерения емкости и абсолютной погрешности измерения тангенса угла диэлектрических потерь $\geq 10^{-3}$.	5.4
5. Определение основной погрешности измерения рабочего напряжения.	5.5
6. Определение основной погрешности измерения частоты рабочего напряжения.	5.6

1.2. При отрицательных результатах для любой из операций, указанных в таблице 1, проверка прекращается. Отказ в проверке оформляется согласно ПР 50.2.006-94.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении проверки применяются средства проверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2.

Наименование средства проверки	Краткие технические характеристики
Меры емкости Р597	В диапазоне емкостей от 10 пФ до 4000 пФ, при 50 Гц погрешности не хуже $\delta_C = \pm (0,02 + 0,1/C) \%$; $\Delta_{\text{tg}\delta} = \pm 5 \cdot 10^{-5}$; в диапазоне от 10 нФ до 100 нФ, $\delta_C = \pm 0,03 \%$; $\Delta_{\text{tg}\delta} = \pm 1 \cdot 10^{-4}$
Меры тангенса угла потерь	Составные меры тангенсов угла потерь по ГОСТ 8.294 на базе меры Р597 номиналом 100 нФ, шунтируемой резисторами типа С2-29 для получения значений $\text{tg}\delta$ близких 0,001; 0,01; 0,1; 0,3; 1,0 с погрешностями при 50 Гц $\Delta_{\text{tg}\delta} = \pm (3 \cdot 10^{-5} + 0,01 \text{tg}\delta)$
Вольтметр ВЗ-60	Диапазон измерений 10 мкВ - 1000 В, погрешность в диапазоне

Наименование средства поверки	Краткие технические характеристики
	10 –100 В на 50 Гц в пределах $\pm (0,08+0,04U_k/U_x) \%$
Частотомер ЧЗ-63	Диапазон частот - от 0,1 Гц до 200 МГц, относительная погрешность при измерении частоты $\pm 5 \times 10^{-7} \pm 1$ ед.счета
Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109	Диапазон частот – от 20 Гц до 200 кГц, коэффициент гармоник в рабочем диапазоне частот не превышает 2%

2.2. Вспомогательные средства измерений и оборудование: измеритель нелинейных искажений типа С6-11 с частотомером, термометр ТЛ-18, барометр БАММ-1, психрометр МВ-4М, автотрансформатор ЛАТР-2, разделительный трансформатор.

2.3. Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства об их поверке или сертификаты калибровки и быть в исправном состоянии.

2.4. Допускается использование других, в том числе и вновь разработанных средств измерений, имеющих аналогичные или лучшие точностные характеристики.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При проведении поверки должны выполняться требования техники безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 12.3.019-80, "Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок" ПОТ Р М – 016 – 2001, утвержденных Госэнергонадзором, а также требования безопасности, указанные в технической документации на применяемое оборудование.

3.2. Корпуса приборов должны быть заземлены.

3.3. Работа должна проводиться персоналом, имеющим квалификационную группу не ниже 3, и в соответствии с требованиями, предусмотренными инструкциями по эксплуатации применяемых приборов.

4. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха до 80 %;
- атмосферное давление - $(70 - 106,7) \text{ кПа}$;

4.2. Источник питающего напряжения должен обеспечивать следующие параметры:

- номинальное напряжение сети питания – $(220 \pm 4,4) \text{ В}$;
- номинальная частота источника питания - $(50 \pm 0,5) \text{ Гц}$;
- форма кривой напряжения – синусоидальная, коэффициент гармоник не более $\pm 5 \%$.

4.3. Перед поверкой мост и применяемые меры в соответствии с ГОСТ 8.294-85 должны быть выдержаны в условиях, указанных в п.4.1, не менее 8 часов.

4.4. Подготовить средства поверки к работе в соответствии с их технической документацией.

4.5. С помощью измерителя типа С6-11 проконтролировать коэффициент гармоник напряжения сети питания и его частоту.

4.6. Измерить температуру и влажность окружающего воздуха, атмосферное давление, результаты измерений записать в протокол.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1. Внешний осмотр

5.1.1. При внешнем осмотре должно быть установлено следующее:

- мост при выпуске из производства и после ремонта должен быть представлен на поверку с паспортом и руководством по эксплуатации (РЭ) или со свидетельством о предыдущей поверке и РЭ при последующих поверках;
- комплектность моста должна соответствовать технической документации;
- мост не должен иметь внешних дефектов, которые могут привести к ошибкам при измерениях (неисправности кнопочных выключателей, повреждений корпуса, контактных выводов, разъемов и соединительных кабелей, повреждений ЖК дисплея и т.п.).

5.2. Опробование моста

5.2.1. Соберите схему, приведенную на рис.1. Подключите к мосту в качестве эталонного конденсатора и объекта измерений меры емкости P597 с номиналами 1000 пФ.

5.2.2. Включите тумблер СЕТЬ и убедитесь в появлении на жидкокристаллическом табло показаний даты и астрономического времени. Выдержите мост во включенном состоянии не менее 10 минут.

5.2.3. Установите рабочее напряжение (100 ± 5) В, контролируя его значения по показаниям табло моста.

5.2.4. Проведите измерение емкости и тангенса угла потерь. Результат операции следует считать положительным, если:

- отображаются все знаки жидкокристаллического дисплея;
- нет одновременного включения более чем одного цифрового знака в одном разряде.

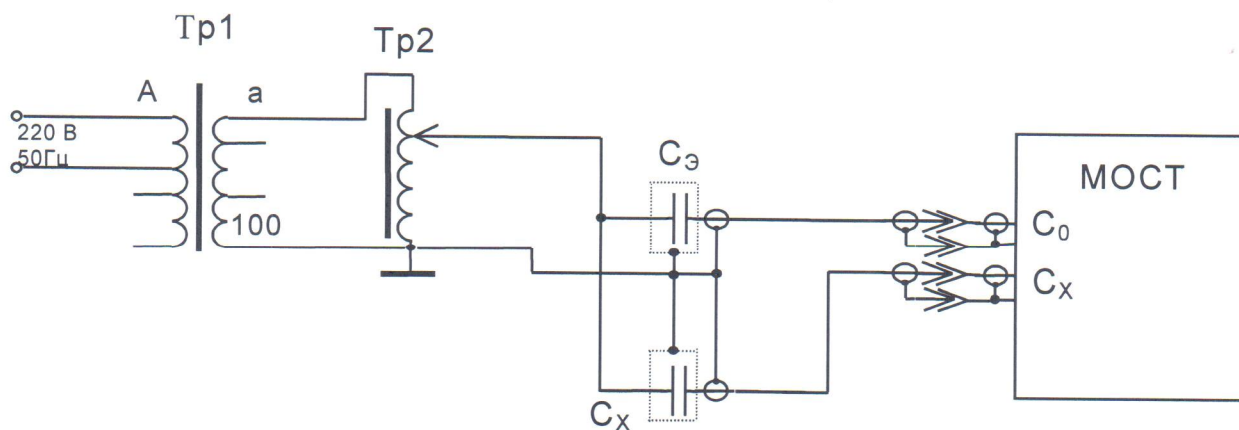


Рис.1

Tr1 – разделительный трансформатор напряжения;
 Tr2 – лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2;
 C₀ – эталонный конденсатор; C_x – объект измерения.

5.3. Определение основной относительной погрешности измерения емкости и абсолютной погрешности измерения тангенса угла потерь $< 10^{-3}$.

ВНИМАНИЕ! Все меры должны подключаться по трехзажимной схеме.

5.3.1. Соберите схему, приведенную на рис.1.

5.3.2. В качестве эталонной емкости C₀ включите меру P597 номиналом 100 пФ, а в качестве измеряемой емкости C_x - меру P597 с номиналом 10 пФ.

5.3.3. Введите с помощью пульта управления (клавиатуры) в память поверяемого моста действительные значения емкости C_3 и тангенса угла потерь эталонной меры емкости и установите 1-й поддиапазон измерений.

5.3.4. Для установленной измеряемой меры запишите в соответствующие столбцы таблицы 3 её действительные значения емкости C_m и тангенса $\text{tg } \delta_m$.

5.3.5. Задайте рабочее напряжение (100 ± 5) В, контролируя значения напряжения по показаниям табло моста.

5.3.6. С помощью поверяемого моста измерьте значений емкости C_x и тангенса $\text{tg } \delta_x$ измеряемой меры. Измерения проводите в режиме усреднения при числе измерений $n \geq 5$ и выведите оценки СКО результатов измерений емкости S_{C_x} и тангенса $S_{\text{tg} \delta_x}$.

5.3.7. Результаты измерений занесите в соответствующие столбцы таблицы 3.

5.3.8. Повторите операции по п.п. 5.3.4 - 5.3.7, подключая в качестве измеряемых емкостей меры с номиналами 50 пФ и 90 пФ.

5.3.9. Подключите в качестве эталонной емкости C_3 меру P597 номиналом 1000 пФ, а в качестве измеряемой емкости используйте меру P597 номиналом 100 пФ.

5.3.10. Повторите операции по п.п. 5.3.3 - 5.3.7.

5.3.11. Подключите в качестве измеряемой емкости меру P597 с номиналом 900 пФ и проведите операции по п.п. 5.3.4 - 5.3.7.

5.3.12. С помощью клавиатуры установите 2-й поддиапазон измерений и выполните операции по п.п. 5.3.4 – 5.3.7 для номинала измеряемой емкости 1000 пФ.

5.3.13. Выполните операции по п.п. 5.3.4 – 5.3.7, устанавливая 3-й и 4-й поддиапазоны измерений и измеряемые меры P597 с номиналами емкостей 10 нФ и 100 нФ, соответственно. Поскольку меры емкости P597 с номиналами ≥ 10 нФ имеют слюдяной диэлектрик, **рабочее напряжение при этом не должно превышать 20 В!**

Таблица 3

№ п/д и номинал C_3	Номинал C_m , пФ	C_m , пФ	$\text{tg} \delta_m$	C_x , пФ	$\text{tg} \delta_x$	S_{C_x}	$S_{\text{tg} \delta_x}$
1-й 100 пФ	10						
	50						
	90						
1-й 1000 пФ	100						
	900						
2-й 1000 пФ	1000						
3-й 1000 пФ	10000						
4-й 1000 пФ	100000						

5.4. Определение основной относительной погрешности измерения емкости и абсолютной погрешности измерения тангенсов угла диэлектрических потерь $\geq 10^{-3}$

ВНИМАНИЕ!

При проведении операций поверки по п. 5.4. должны быть использованы составные меры, собранные в соответствии с рекомендациями ГОСТ 8.294-85 на основе меры P597 с номиналом $C_m=100$ нФ и ряда дополнительных резисторов $R_{дв}$ шунтирующих емкость и

выбранных таким образом, чтобы тангенсы угла потерь, рассчитанные по формуле

$$\operatorname{tg} \delta_p = \frac{1}{314 C_M R_D} + \operatorname{tg} \delta_{C_M}, \text{ имели значения, близкие к } 0,001; 0,01; 0,1; 0,3; 1.$$

Все меры должны включаться по трехзажимной схеме.

5.4.1. Соберите схему, приведенную на рис.1.

5.4.2. Подключите в качестве эталонной емкости $C_э$ меру P597 номиналом 1000 пФ, а в качестве измеряемой - составную меру тангенса угла потерь на основе меры P597 номиналом $C_M = 100$ нФ и дополнительного резистора R_D , при котором $\operatorname{tg} \delta_p \approx 0,001$.

5.4.3. Введите с помощью пульта управления (клавиатуры) в память поверяемого моста действительные значения емкости и тангенса угла потерь эталонной меры емкости $C_э$ и установите автоматический выбор поддиапазонов измерений.

5.4.4. Заполните верхнюю строку таблицы 4 данными, полученными в предыдущих измерениях по п.5.3 для меры с номиналом 100 нФ и $R_D \rightarrow \infty$

5.4.5. Для установленной измеряемой составной меры запишите в соответствующие столбцы таблицы 4 её действительные значения емкости C_M и тангенса $\operatorname{tg} \delta_M$.

5.4.6. Задайте рабочее напряжение (20 ± 5) В, контролируя значения напряжения по показаниям табло моста.

5.4.7. С помощью поверяемого моста проведите измерения емкости C_x и тангенса $\operatorname{tg} \delta_x$ составной измеряемой меры. Измерения проводите в режиме усреднения результатов ($n \geq 5$) и выведите оценки СКО результатов измерений емкости S_{C_x} и тангенса $S_{\operatorname{tg} \delta_x}$.

5.4.8. Результаты измерений занесите в соответствующие столбцы таблицы 4.

5.4.8. Повторите операции по п.п. 5.4.5 - 5.4.8, подключая в качестве измеряемых меры с номиналами $\operatorname{tg} \delta_p : 0,01; 0,1; 0,3; 1$.

Таблица 4

Номинал $\operatorname{tg} \delta_p$	C_M , пФ	$\operatorname{tg} \delta_M$	C_x , пФ	$\operatorname{tg} \delta_x$	S_{C_x}	$S_{\operatorname{tg} \delta_x}$
0,0001						
0,001						
0,01						
0,1						
0,3						
1,0						

5.5. Определение относительной погрешности при измерении рабочего напряжения

5.5.1. Соберите схему измерений, показанную на рис. 2.

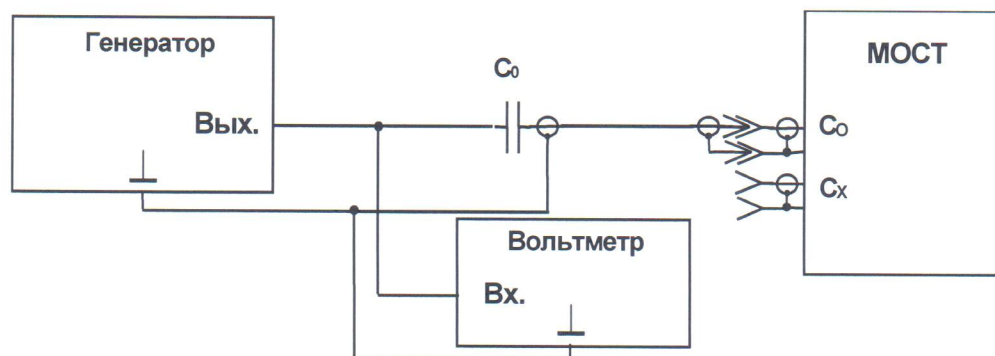


Рис. 2

5.5.2. Подключите, как показано на рис.2, вольтметр переменного тока ВЗ-60 и эталонный конденсатор с номиналом 10000 пФ (набор мер Р597 номиналами 1000 пФ, 2000 пФ, 3000 пФ, 4000 пФ). Объект измерений не подключайте.

5.5.3. С помощью клавиатуры поверяемого моста введите действительные значения емкости и тангенса угла потерь эталонного конденсатора.

5.5.4. Включите в мосте режим измерения напряжения. Установите рабочее напряжение, равное 20 В, контролируя его значение вольтметром, и проведите измерения напряжения.

5.5.5. Значения напряжений, измеренные вольтметром и поверяемым мостом, занесите в ячейки таблицы 5.

Таблица 5

Номинал U, В	10	30	50	70	100
U ₀ , В					
U _x , В					

5.5.6. Повторите операции по п.п.5.5.4 - 5.5.5 для всех значений рабочего напряжения, указанных в таблице 5.

5.6. Определение диапазона измерений и абсолютной погрешности при измерении частоты рабочего напряжения

5.6.1. Соберите схему измерений, приведенную на рис.3, где в качестве источника рабочего напряжения используется генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109, к выходу которого подключается эталонный конденсатор С_э с номинальной емкостью 10000 пФ, другим выводом включенный в поверяемый мост.

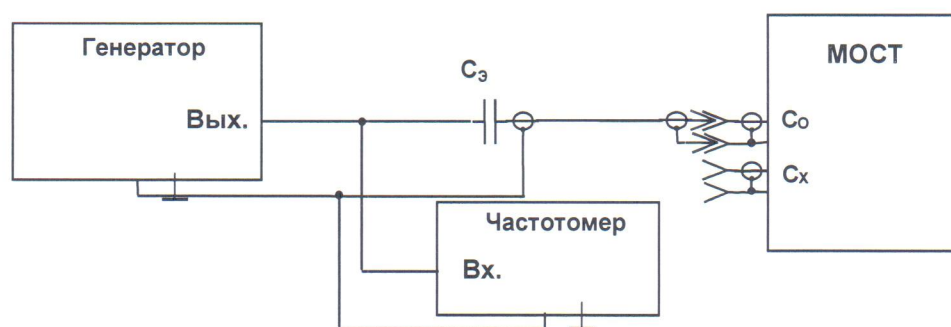


Рис. 3

5.6.2. Параллельно выходу генератора ГЗ-109 включается частотомер ЧЗ-63.

5.6.3. Введите с помощью клавиатуры поверяемого моста значения емкости и тангенса угла потерь эталонного конденсатора.

5.6.4. Включите режим измерения напряжения и частоты. Установите на выходе генератора напряжение 50 В частотой 50 Гц.

5.6.5. Запишите значения частоты рабочего напряжения, измеренные поверяемым мостом F_м и частотомером F_ч в таблицу 6.

Таблица 6

Номинал F, Гц	49	50	51
F _м , Гц			
F _ч , Гц			

5.6.6. Повторите операции по п.п. 5.6.3 - 5.6.4, устанавливая по очереди рабочую частоту 49 и 51 Гц при том же напряжении 50 В.

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Обработка результатов измерений и оценка погрешностей производится в соответствии с требованиями ГОСТ 8.207-76. По результатам измерений по п.п.5.3 и 5.4 проводится сравнение полученных СКО с значениями неисключенных систематических погрешностей (НСП) используемых мер для оценки необходимости учета СКО.

6.2. Для оценки основной относительной погрешности измерения емкости рассчитываются расхождения δ_C между значением емкости C_x , определенной с помощью моста МЭП-4СА, и действительным значением емкости используемой меры C_M по формуле, в процентах:

$$\delta_C = \frac{C_x - C_M}{C_M} \times 100 \quad (1)$$

При условии относительной малости случайной составляющей погрешности значения верхних и нижних (+/-) границ погрешности измерения емкости оцениваются, в процентах, как:

$$\delta C_{xв/н} = \delta_C \pm \Theta_{СМ} \quad (2)$$

где $\Theta_{СМ}$ - неисключенная систематическая погрешность (НСП) используемой меры.

Если случайной составляющей нельзя пренебречь, следует использовать более сложные расчетные формулы согласно ГОСТ 8.207-76.

6.3. Для признания положительных результатов поверки необходимо, чтобы значения $\delta C_{xв/н}$ находились в следующих пределах:

$$\pm (0,05 + 10^{N-4} \cdot C_3/C_x) \quad \text{при } 0,0001 < \text{tg}\delta_x \leq 0,03;$$

$$\pm (0,15 + 10^{N-4} \cdot C_3/C_x) \quad \text{при } 0,03 < \text{tg}\delta_x \leq 0,1;$$

$$\pm (0,5 + 10^{N-4} \cdot C_3/C_x) \quad \text{при } 0,1 < \text{tg}\delta_x \leq 0,3;$$

$$\pm (1,5 + 10^{N-4} \cdot C_3/C_x) \quad \text{при } 0,3 < \text{tg}\delta_x \leq 1,0;$$

где C_3 – значение эталонной емкости; N – номер поддиапазона.

6.4. Для оценки основной абсолютной погрешности измерения тангенса угла потерь рассчитываются расхождения между показаниями $\text{tg}\delta_x$ моста МЭП-4СА и значениями $\text{tg}\delta_M$ используемых мер по формуле:

$$\Delta \text{tg}\delta = \text{tg}\delta_x - \text{tg}\delta_M \quad (3)$$

Значения верхних и нижних (+/-) границ погрешности измерения тангенса угла потерь $\Delta \text{tg}\delta_{xв/н}$ (при условии малости случайной составляющей) определяют по формуле:

$$\Delta \text{tg}\delta_{xв/н} = \Delta \text{tg}\delta \pm \Theta_{\text{tg}\delta_M} \quad (4)$$

где $\Theta_{\text{tg}\delta_M}$ - неисключенная систематическая погрешность (НСП) используемой меры $\text{tg}\delta$.

6.5. Для признания положительного результата поверки значения оценок границ погрешностей измерений тангенса $\Delta \text{tg}\delta_{xв/н}$ не должны превышать пределов:

$$\pm [2 \cdot 10^{-4} + 0,05 \cdot (\text{tg}\delta_x - \text{tg}\delta_0)]$$

где $(\text{tg}\delta_x - \text{tg}\delta_0)$ разность тангенсов углов потерь объекта измерений и эталонного конденсатора.

6.6. Оценка относительной погрешности измерений рабочего напряжения $\delta_{РН}$ рассчитывается, в процентах, по формуле:

$$\delta_{РН} = 100 \cdot (U_x - U_v) / U_v \quad (5)$$

где U_x – показания поверяемого моста МЕР-4СА, U_v – показания вольтметра ВЗ-60 (НСП вольтметра ВЗ-60 можно не учитывать ввиду относительной малости).

Относительная погрешность измерений рабочего напряжения $\delta_{РН}$ не должна превышать пределов $\pm 1,5\%$.

6.5. Абсолютная погрешность измерения рабочей частоты ΔF определяется, в Гц, как:

$$\Delta F = F_x - F_{ч} \quad (6)$$

где F_x - значение частоты, измеренное поверяемым мостом, $F_{ч}$ – показания частотомера ЧЗ-63 (НСП не учитывается ввиду относительной малости).

Абсолютная погрешность измерений частоты рабочего напряжения ΔF не должны превышать пределов $\pm 0,1$ Гц.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. Оформление результатов поверки производится в соответствии с ПР 50.2.006-94 следующим образом:

7.1.1. При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке с указанием метрологических характеристик и межповерочного интервала.

7.1.2. При отрицательных результатах испытаний выдается извещение о непригодности средства измерений к применению с указанием основных причин.