

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАСХОДОМЕТРИИ (ФГУП «ВНИИР»)**

УТВЕРЖДАЮ

**Первый заместитель директора
по научной работе -
заместитель директора
по качеству ФГУП «ВНИИР»**



В. А. Фафурии

2015 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

**УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ
СПУ-3М-100**

Методика поверки

МП 0311-2-2015

г. Казань
2015 г.

Настоящая методика поверки распространяется на установки поверочные СПУ-3М-100 (далее установки) и устанавливает методы и средства первичной поверки при выпуске из производства и после ремонта, а также периодической поверки в условиях эксплуатации. Интервал между поверками 1 год.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	Да
Определение относительной погрешности установки при измерении давления	7.2	да	Да
Определение абсолютной погрешности установки при измерении температуры	7.3	да	Да
Проверка герметичности	7.4	да	Да
Опробование	7.5	да	Да
Определение относительной погрешности установки при измерении объема:	7.6	да	Да
- в рабочих условиях	7.6.1	да	Да
- приведенного к стандартным условиям	7.6.2	да	Да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Номер пункта МП	Наименование основного или вспомогательного средства поверки	Тип средства поверки	Диапазон измерения	Погрешность, класс точности
7.1-7.6	Термометр	СП-95	от 10 °С до 35 °С	$\Delta = \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
7.5-7.6	Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа	ГЭТ 118 - 2013	от $3 \cdot 10^{-3}$ до $1,6 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{ч}$	СКО $3,5 \cdot 10^{-4}$, НСП $4 \cdot 10^{-4}$
7.2	Датчик давления	Метран-100-ДИ	от 0 до 1,6 кПа	$\gamma = \pm 0,2 \text{ } \%$
	Калибратор давления портативный	Метран-517	от 0 до 60 МПа	$\delta = \pm (0,02 - 0,1) \text{ } \%$
7.3	Термостат жидкостный	Термотест-100	от минус 30 °С до плюс 100 °С,	нестабильность поддержания температуры в течение 1 часа $\pm 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$, неоднородность температурного поля $\pm 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$;

Номер пункта МП	Наименование основного или вспомогательного средства поверки	Тип средства поверки	Диапазон измерения	Погрешность, класс точности
7.3	Эталонный термометр	ЭТС-100	от 0 °С до плюс 660 °С	3 разряд
7.3	Мультиметр многоканальный прецизионный	Метран – 514-ММП	от 0 до 400 Ом	0,0025 % ИВ + 0,005 Ом

Примечание: допускается применение других средств измерений с характеристиками не хуже приведенных в таблице 3, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик с требуемой точностью и поверенных (аттестованных) в установленном порядке.

2.2 Все средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства или отметки о поверке.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, изучившие техническую документацию на установку и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

4 Требования безопасности

4.1 При поверке установки необходимо соблюдать требования техники безопасности, изложенные в руководстве по эксплуатации установки.

4.2 Электрооборудование, предусматривающее заземление, должно быть надежно заземлено.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- поверочная среда	воздух
- температура окружающего воздуха и поверочной среды, °С	от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
- разность температур окружающего воздуха и поверочной среды, не более	1
- скорость изменения температуры окружающего воздуха и поверочной среды, °С/ч, не более	1
- внешние электрические и магнитные поля, тряска, вибрация	отсутствуют
- в окружающей среде не должно быть масляных паров и паров агрессивных жидкостей	

6 Подготовка к поверке

6.1 Средства поверки подготавливают к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

6.2 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемой установки и эксплуатационные документы используемых при поверке средств измерений.

6.3 Перед включением установки должно быть проверено выполнение требований безопасности, указанных в 4.

6.4 Установку подготавливают к поверке в соответствии с руководством по эксплуатации.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность, маркировка, упаковка, пломбировка установки должна соответствовать требованиям, указанным в эксплуатационной документации на установку;

- видимые повреждения и механические дефекты, препятствующие применению установки, должны отсутствовать;

- маркировочные данные установки должны быть четкими и соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

7.1.2 Установку считают выдержавшей проверку, если комплектность, маркировка, упаковка, пломбировка установки соответствует требованиям, указанным в эксплуатационной документации.

7.1.3 По результатам внешнего осмотра делают отметку в протоколе поверки.

7.1.4 Установка, не удовлетворяющая перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7.2 Определение относительной погрешности установки при измерении давления

7.2.1 Определение относительной погрешности установки при измерении давления проводят в следующей последовательности.

Для обеспечения доступа к чувствительному элементу для измерения давления необходимо открутить крепежные винты верхней панели, открутить фиксирующие кольца на вводном и выводном патрубках. Приподнять верхнюю панель с передней стороны до момента возвышения передней стороны верхней панели над патрубками, после чего потянуть верхнюю панель на себя до выхода фиксаторов из разъемов с тыльной стороны верхней панели, поднять верхнюю панель за переднюю сторону по направлению к крышке.

Открутить винт фиксации разъема подключения датчика, отключить кабельную часть разъема (розетку), выкрутить чувствительный элемент из магистрали, подключить его к калибратору давления согласно схеме на рисунке 1, проверить герметичность подключения.

Проверку герметичности проводят при значениях давления, равных верхнему пределу измерений (по паспортным данным установки).

Создать в измерительной системе установки давление, установившееся значение которого равно или близко верхнему пределу измерений, после чего отключить источник давления. Систему считают герметичной, если после трёхминутной выдержки под давлением не наблюдается падения давления в течение последующих двух минут (по показаниям эталонного калибратора). Допускается изменение давления в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды в пределах \pm (от 0,5 до 1) °С.

Подключить кабельную часть разъема (розетку) к чувствительному элементу.

Обнулить показания эталонного калибратора и датчика давления (удерживанием клавиши «С» до момента включения подсветки ЖК дисплея чувствительного элемента).

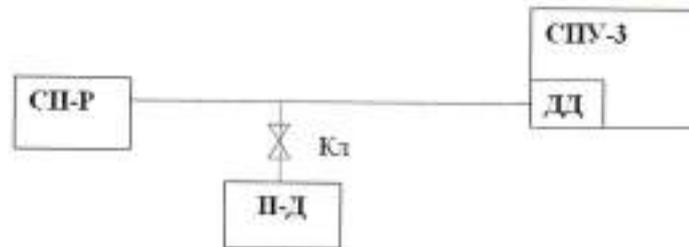


Рисунок 1 – Схема подключения СИ при определении относительной погрешности установок при измерении давления.

где СИ-Р – эталонное СИ для измерения давления (калибратор).

И-Д – источник давления;

Кл – клапан запорный;

ДД – чувствительный элемент для измерения давления;

7.2.2 Определение относительной погрешности установки при измерении давления проводят при повышении и понижении давления не менее чем в пяти точках диапазона измерений, $m \geq 5$; в обоснованных случаях и при отсутствии эталонных СИ с необходимой дискретностью воспроизведения измеряемой величины допускается уменьшать число поверяемых точек до 4 или 3.

Число наблюдений n при экспериментальном определении значений погрешности в каждой из поверяемых точек при изменениях входной измеряемой величины от меньших значений к большим (прямой ход) и от больших значений к меньшим (обратный ход), $n = 1$ (допускается увеличивать число наблюдений в поверяемых точках до 3 или 5, принимая при этом за результат измерений среднее арифметическое значение результатов наблюдений в данной точке).

Относительную погрешность определяют при m значениях измеряемого давления, равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемого давления, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям.

Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать:

- 30 % диапазона измерений при $m = 5$ (основной вариант поверки);

- 40 % диапазона измерений при $m = 4$;

- 60 % диапазона измерений при $m = 3$.

Перед определением погрешности при обратном ходе установку выдерживают в течение 1 минуты при верхнем предельном значении измеряемого давления.

Значения давления задают с отклонением не более $\pm 1\%$.

Вычислить значение относительной погрешности по формуле:

$$\delta_{p_i} = \left(\frac{P_{изм}}{P_{эт}} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $P_{изм}$ — измеренное значение давления (снятое с показывающего устройства установки);

$P_{эт}$ — давление, заданное калибратором.

7.2.3 Результаты измерений занести в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если значение относительной погрешности установки при измерении давления находится в пределах $\pm 0,15\%$.

7.3 Определение абсолютной погрешности установки при измерении температуры

Определение погрешности проводят, помещая чувствительный элемент для измерения температуры (термопреобразователь сопротивления (ТПС)) в термостат и сравнивая значения температуры T_j , считанное с показывающего устройства установки, с показаниями эталонного термометра.

Измерения проводят в пяти точках диапазона измерений:

$$T_{01} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}; T_{02} = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}; T_{03} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}; T_{04} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}; T_{05} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отклонение действительных значений температуры в термостате от указанных выше не должно превышать $\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В каждой j – той точке измерения проводят не менее трех раз. Время каждого наблюдения должно быть не менее 120 с.

При проведении поверки работы по определению погрешности установки при измерении температуры проводят согласно схеме на рисунке 2 в следующей последовательности.

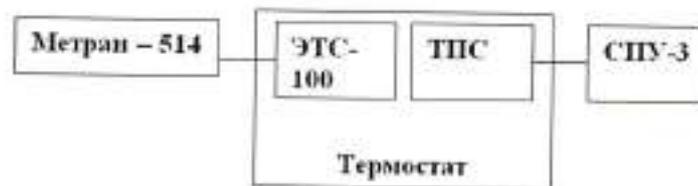


Рисунок 2 – Схема подключения СИ при определении относительной погрешности установок при измерении температуры

Для обеспечения доступа к ТПС демонтировать ТПС из защитной гильзы. ТПС поместить в рабочий объем термостата на глубину не менее $1,5 L_{\min}$. (L_{\min} – минимальная глубина погружения ТПС = 80 мм) с температурой $T_{01} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($T_{02} = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{03} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ и т.д.), и, после выдержки в течение 15 минут, считать показания эталонного термометра - R_{3ji} (Ом) и показания с экрана установки - T_{ji} ($^\circ\text{C}$).

На каждой температуре повторить измерения не менее трех раз, зарегистрировав значения $R_{3j1} \dots R_{3jn}$ и $T_{j1} \dots T_{jn}$ соответственно.

Определить среднее значение сопротивления, Ом, для каждой j -той точки диапазона измерений по формуле:

$$R_{3j} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n R_{3ji}}{n} \right), \quad (2)$$

где n – общее число наблюдений в каждой j -той точке.

Рассчитать значения температуры T_{3j} по показаниям сопротивления, снятого с эталонного термометра (R_{3j}) согласно приложений А и Б руководства по эксплуатации Хд 2.821.066 РЭ на термометр сопротивления эталонный ЭТС-100. Пример расчета приведен в приложении 1.

Определить среднее значение температуры, измеренное установкой, $^\circ\text{C}$, для каждой j -той точки диапазона измерений по формуле:

$$T_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n T_{ji}}{n} \right), \quad (3)$$

Вычислить абсолютную погрешность установки при измерении температуры, $^\circ\text{C}$, для каждой j -той точки диапазона измерений по формуле:

$$\Delta_{Tj} = T_j - T_{3j} \quad (4)$$

Установку считают соответствующей пределам допускаемой погрешности при измерении температуры, если наибольшее значение ΔT_j не превышает $\pm 0,15$ °С.

Для определения относительной погрешности установки при измерении объема газа в стандартных условиях вычисляют относительную погрешность установки при измерении температуры по формуле:

$$\delta_j T = \left(\frac{T_j + 273,15}{T_y + 273,15} - 1 \right) \cdot 100, \% \quad (5)$$

7.4 Проверка герметичности

Проверку герметичности соединений установки проводят при помощи компрессора, которым задают избыточное давление воздуха, равное максимальному рабочему давлению по паспортным данным установки.

7.4.1 Вернуть на место датчики давления и температуры.

К выходному отверстию установки подключить манометр с верхним пределом измерений до 1,5 максимального рабочего давления установки (по паспортным данным установки). Через штуцер во входном отверстии подать воздух в установку. Выдержать установку под избыточным давлением в течение 10 минут. Наблюдать за изменением давления внутри установки по показаниям манометра.

7.4.2 Установку считают выдержавшей проверку, если в течение времени выдержки под избыточным давлением падения давления не наблюдалось.

7.4.3 По результатам проверки герметичности делают отметку в протоколе поверки.

7.4.4 Установка, не выдержавшая проверку, дальнейшей поверке не подлежит.

7.5 Опробование

7.5.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Операция «Подтверждение соответствия программного обеспечения» включает:

- определение идентификационного наименования программного обеспечения;
- определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения;
- определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения.

Включить установку. После подачи питания на экране выводится начальное меню. Для проверки ПО необходимо нажать на кнопку «Сведения о СПУ-3», в появившемся окне в таблице «Компоненты ПО» будет отображаться следующая информация:

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО;
- цифровой идентификатор ПО.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО установки соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа установки:

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	SPUDBModule
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.1.4
Цифровой идентификатор ПО (CRC32)	E8508CCA

7.5.2 Проверка функционирования

Проверить общее функционирование и работоспособность установки в соответствии с руководством по эксплуатации (раздел «Подготовка к использованию и опробование»).

Установку считают пригодной к эксплуатации, если при опробовании выполняются требования раздела 2.3 Руководства по эксплуатации, а также на показывающем устройстве установки отображаются данные о расходе, давлении и температуре.

По результатам опробования делают отметку в протоколе поверки.

Установка, не выдержавшая проверку, дальнейшей поверке не подлежит.

7.6 Определение относительной погрешности установки при измерении объема

7.6.1 Относительную погрешность установки при измерении объема в рабочих условиях определяют методом сравнения объема, прошедшего через установку СПУ-3М-100 и эталонную установку на расходах Q_{\min} , $0,005 Q_{\max}$, $0,01 Q_{\max}$, $0,04 Q_{\max}$, $0,25 Q_{\max}$, $0,5 Q_{\max}$, Q_{\max} .

Отклонение расходов, задаваемых эталонной установкой от вышеприведенных значений, не должны превышать:

- для Q_{\max} - - 5 %;
- для Q_{\min} - + 5 %;
- для остальных расходов ± 3 %.

Значение контрольного объема воздуха на каждом из расходов должно быть не менее 0,01 м³, или время проведения измерений должно быть не менее 100 с (в зависимости от расхода).

Вычислить относительную погрешность установки при измерении объема по формуле:

$$\delta_{r_i} = \left(\frac{V_{\text{изм}}}{V_{\text{эт}}} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $V_{\text{изм}}$ — измеренное значение объема (снятое с показывающего устройства установки), м³;

$V_{\text{эт}}$ — эталонный объем, м³.

Установку считают пригодной к эксплуатации, если относительная погрешность установки при измерении объема в рабочих условиях во всех точках поверки находится в пределах $\pm 0,3$ %.

7.6.2 Относительную погрешность установки при измерении объема, приведенного к стандартным условиям, рассчитывают по формуле:

$$\delta_{\text{сн}} = K \times \sqrt{\delta_r^2 + \delta_T^2 + \delta^2_p} \quad (8)$$

где K — коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью (при $P = 0,95$ $K = 1,1$);

δ_r — максимальная относительная погрешность установки при измерении объема в рабочих условиях, % (полученная в результате поверки по п. 7.6.1);

δ_T — относительная погрешность при измерении температуры, %; вычисленная по формуле (5);

δ_p — относительная погрешность при измерении давления, %, вычисленная по формуле (1).

Установку считают пригодной к эксплуатации, если относительная погрешность установки при измерении объема газа, приведенного к стандартным условиям, находится в пределах $\pm 0,45$ %.

8 Оформление результатов поверки

8.1 По результатам поверки установки оформляют протокол, форма которого приведена в Приложении Б.

8.2 Положительные результаты поверки оформляют записью в паспорте и выдачей свидетельства о поверке, форма которого приведена в Приложении 1 ПР 50.2.006-94.

8.3 При положительных результатах поверки поверительное клеймо способом давления на специальную мастику наносится по диагонали от пломбы предприятия - изготовителя в одно из мест, предназначенных для нанесения клейм на вычислитель расходов установки (приложение В). Поверительные клейма наносят в соответствии с ПР 50.2.007-2001.

8.4 При отрицательных результатах первичной поверки установку считают непригодной к применению и в эксплуатацию не допускают.

8.5 При отрицательных результатах периодической поверки установку считают непригодной к применению, поверительное клеймо гасят и оформляют извещение о непригодности установки с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006-94.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

Пример расчета температуры по показаниям ЭТС-100/1, ЭТС-100/2 в диапазоне от 0 до 660,323 °С

А.1 Сопротивление ЭТС, измеренное при температуре t , равно

$$R(t) = 139,3000 \text{ Ом}$$

А.2 В свидетельстве о поверке эталонного термометра приведены следующие данные:

- сопротивление ЭТС в тройной точке воды $R_{\text{ТТВ}} = 100,0268 \text{ Ом}$;
- коэффициенты функции отклонения $A = -0,000142$; $B = -0,0000435$

А.3 Рассчитывают относительное сопротивление ЭТС:

$$W(t) = R(t) / R_{\text{ТТВ}} = 139,3000 / 100,0268 = 1,392627$$

А.4 Рассчитывают значение функции отклонения при температуре t :

$$dW(t) = A(W(t) - 1) + B(W(t) - 1)^2 = -0,000142 * 0,392627 - 0,0000435 * 0,392627^2 = -0,0000625$$

А.5 Рассчитывают значение стандартной функции $W_{\text{СТ}}$ при температуре t :

$$W_{\text{СТ}} = W(t) - dW(t) = 1,392627 + 0,0000625 = 1,3926895$$

А.6 Рассчитывают значение температуры t по формуле для обратной стандартной функции МТШ-90:

$$t = D_0 + \sum D_i ((W_{\text{СТ}}(t) - 2,64) / 1,64)^i = 99,977 \text{ °С},$$

где коэффициенты D_i имеют следующие значения:

$D_0 = 439,932854$	$D_4 = 2,920828$	$D_7 = -0,188732$
$D_1 = 472,418020$	$D_5 = 0,005184$	$D_8 = 0,191203$
$D_2 = 37,684494$	$D_6 = -0,963864$	$D_9 = 0,049025$
$D_3 = 7,472018$		

Пример расчета температуры по показаниям ЭТС-100/1, ЭТС-100/2 в диапазоне от минус 196 до 0 °С

Б.1 Сопротивление ЭТС, измеренное при температуре t , равно

$$R(t) = 84,4752 \text{ Ом}$$

Б.2 В свидетельстве о поверке эталонного термометра приведены следующие данные:

- сопротивление ЭТС в тройной точке воды $R_{\text{ТТВ}} = 99,85354 \text{ Ом}$;
- коэффициент функции отклонения $M = -0,00027459$.

Б.3 Рассчитывают относительное сопротивление ЭТС:

$$W(t) = R(t) / R_{\text{ТТВ}} = 84,4752 / 99,85354 = 0,84599105$$

Б.4 Рассчитывают значение функции отклонения при температуре t :

$$dW(t) = M(W(t) - 1) = 4,22892 \cdot 10^{-5}$$

Б.5 Рассчитывают значение стандартной функции $W_{\text{СТ}}$ при температуре t :

$$W_{\text{СТ}}(t) = W(t) - dW(t) = 0,84594876$$

Б.6 Рассчитывают значение температуры t по формуле для обратной стандартной функции МТШ-90:

$$t = \left[B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left(\frac{W_{\text{СТ}}(t)^{1/6} - 0,65}{0,35} \right)^i \right] \cdot 273,16 - 273,15 = -38,386 \text{ °С},$$

где коэффициенты B_i имеют следующие значения:

B_0	0,18332472	B_4	-0,075291522
B_1	0,2409753	B_9	-0,05647067
B_2	0,20910877	B_{10}	0,07620129
B_3	0,19043997	B_{11}	0,1238932
B_4	0,1426485	B_{12}	-0,02920119
B_5	0,07799347	B_{13}	-0,09117354
B_6	0,01247561	B_{14}	0,0013177
B_7	-0,03226713	B_{15}	0,02602553

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____ от « ____ » _____ 201 ____ г.

Установка поверочная СПУ-3М-100 _____ № _____ г. выпуска

1 Условия поверки:

- рабочая среда атмосферный воздух
- температура рабочей среды, °С
- давление рабочей среды, Па
- относительная влажность, %
- вибрации, электрические и магнитные поля отсутствуют

2 Средства поверки:

3 Операции поверки:

3.1 Внешний осмотр

3.2 Определение относительной погрешности установки при измерении давления

3.3 Определение абсолютной погрешности установки при измерении температуры

3.4 Проверка герметичности

3.5 Опробование

3.6.1 Определение относительной погрешности установки при измерении объема в рабочих условиях

№№ п/п	$T_{\text{эп}}$, °С	$P_{\text{атм}}$, кПа	$Q_{\text{пов}}$, %	$Q_{\text{спу-3}}$, м ³ /ч	$Q_{\text{эп}}$, м ³ /ч	δ , %
			Q_{min}			
			$0,005Q_{\text{max}}$			
			$0,01Q_{\text{max}}$			
			$0,04Q_{\text{max}}$			
			$0,25Q_{\text{max}}$			
			$0,5Q_{\text{max}}$			
			Q_{max}			

3.6.2 Определение относительной погрешности установки при измерении объема, приведенного к стандартным условиям

Заключение:

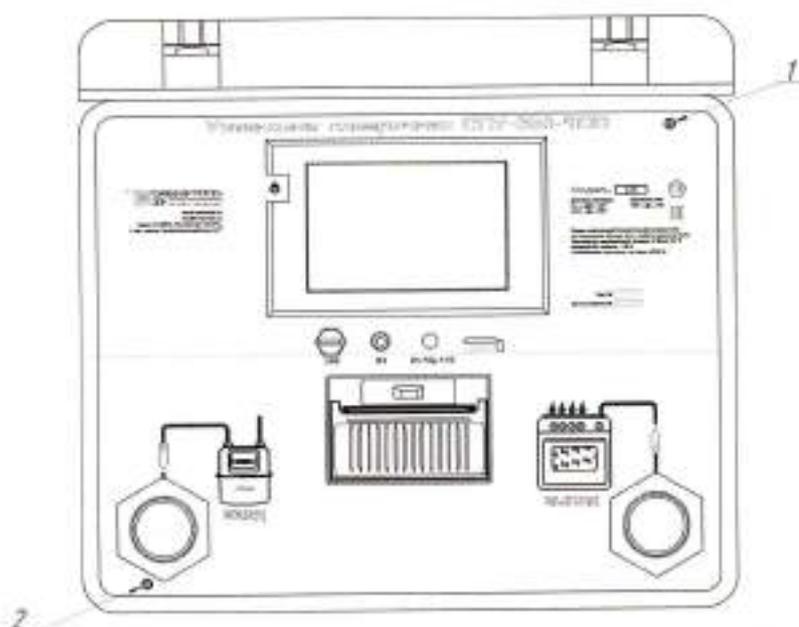
Поверитель:

ФИО

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Схема пломбирования установки поверочной СПУ-3М-100 и обозначение мест для нанесения поверительных клейм в целях предотвращения несанкционированной настройки и вмешательства.



- 1 – место для пломбы предприятия – изготовителя (способом давления на специальную мастику);
 2 – место для поверительного клейма (способом давления на специальную мастику).

Рисунок В.1 - Схема пломбирования установок поверочных СПУ-3М-100