

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора  
по развитию ФГУП «ВНИИР»

А.С. Тайбинский

2016 г.



**ИНСТРУКЦИЯ**

Государственная система обеспечения единства измерений

**УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ  
СПУ-3М**

Методика поверки

МП 0397-1-2016

*н.р. 65287-16*

г. Казань  
2016 г.

Настоящая методика поверки распространяется на установки поверочные СПУ-3М (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 1.

Т а б л и ц а 1

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: - в рабочих условиях - приведенного к стандартным условиям	7.6	да	да
	7.6.1	да	да
	7.6.2	да	да

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Номер пункта МП	Наименование основного или вспомогательного средства поверки	Тип средства поверки	Диапазон измерения	Погрешность, класс точности
7.2	Датчик давления	Метран-100-ДИ	от 0 до 1,6 кПа	$\gamma = \pm 0,2 \%$
	Калибратор давления портативный	Метран-517	от 0 до 60 МПа	$\delta = \pm (0,02 - 0,1) \%$
7.3	Термостат жидкостный	Термотест-100	от минус 30 °С до плюс 100 °С,	нестабильность поддержания температуры в течение 1 часа $\pm 0,01$ °С, неоднородность температурного поля $\pm 0,01$ °С;
7.3	Эталонный термометр	ЭТС-100	от 0 °С до плюс 660 °С	3 разряд
	Эталонный термометр	ЭТС-100	от минус 196 °С до 0 °С	3 разряд
7.3	Мультиметр многоканальный прецизионный	Метран – 514-ММП	от 0 до 400 Ом	0,0025 % ИВ + 0,005 Ом

Номер пункта МП	Наименование основного или вспомогательного средства поверки	Тип средства поверки	Диапазон измерения	Погрешность, класс точности
7.5-7.6	Государственный первичный эталон единиц объёмного и массового расходов газа	ГЭТ 118 - 2013	от $3 \cdot 10^{-3}$ до $1,6 \cdot 10^4$ м <sup>3</sup> /ч	СКО $3,5 \cdot 10^{-4}$ , НСП $4 \cdot 10^{-4}$

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

2.3 Средства измерений, входящие в состав установки должны быть поверены в соответствии со своей нормативной документацией.

### 3 Требования к квалификации поверителей

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

### 4 Требования безопасности

4.1 При поверке установок 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, °С, 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 и установки подготавливают к поверке 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 установок должно быть проверено выполнение требований безопасности, указанных в 4.

## **7 Проведение поверки**

### **7.1 Внешний осмотр**

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие установок следующим требованиям:

- комплектность, маркировка, упаковка, пломбировка установок должна соответствовать требованиям, указанным в эксплуатационной документации на установки;
- видимые повреждения и механические дефекты, препятствующие применению установок, должны отсутствовать;
- маркировочные данные установок должны быть четкими и соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

7.1.2 Установки считают выдержавшими проверку, если комплектность, маркировка, упаковка, пломбировка соответствует требованиям, указанным в эксплуатационной документации.

7.1.3 По результатам внешнего осмотра делают отметку в протоколе поверки.

7.1.4 Установки, не удовлетворяющие перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

### **7.2 Определение относительной погрешности канала измерения давления установок**

7.2.1 Определение относительной погрешности канала измерения давления установок проводят в следующей последовательности.

Чтобы обеспечить доступ 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, после чего поднять верхнюю панель за переднюю сторону по направлению к крышке.

Открутить винт фиксации разъема подключения чувствительного элемента, отключить кабельную часть разъема (розетку), выкрутить чувствительный элемент из магистрали, подключить чувствительный элемент 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 системе в течение последующих двух минут (по показаниям эталонного калибратора). Допускается изменение давления в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды в пределах  $\pm (0,5 \dots 1) ^\circ\text{C}$ . Подключить кабельную часть разъема (розетку) к чувствительному элементу.

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

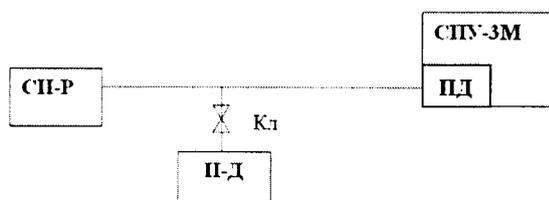


Рисунок 1 – Схема подключения СИ при определении относительной погрешности канала измерения давления

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

И-Д – источник давления;

Кл – клапан запорный;

ПД – чувствительный элемент для измерения давления.

7.2.3 Определение относительной погрешности канала измерения давления установок проводят при повышении и понижении давления не менее чем в 5 равномерно распределенных точках диапазона измерений, в том числе при значениях измеряемого давления, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям.

Число наблюдений 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 измерения среднее арифметическое значение результатов наблюдений в данной точке).

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  $\pm 1\%$ .

7.2.4 Вычислить значение относительной погрешности по формуле:

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

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

$P_{эм}$  – давление, заданное калибратором, Па.

7.2.5 Установки считают пригодными к эксплуатации, если наибольшее значение относительной погрешности канала измерения давления ( $\delta_{pi}$ ) установки находится в пределах  $\pm 0,25\%$ .

### 7.3 Определение абсолютной погрешности канала измерения температуры установок

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

Чтобы обеспечить доступ к ТПС, необходимо демонтировать ТПС из защитной гильзы. Далее ТПС поместить в рабочий объем термостата на глубину не менее  $1,5 L_{min}$ . ( $L_{min}$  - минимальная глубина погружения ТПС = 80 мм.).

При проведении работы по определению погрешности канала измерения температуры необходимо собрать схему согласно рисунку 2.

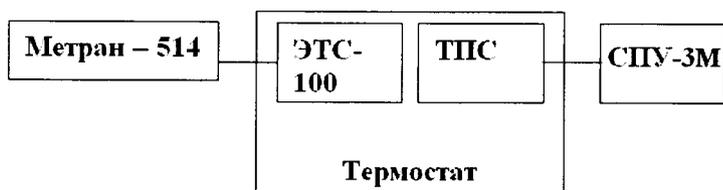


Рисунок 2 – Схема подключения СИ при определении абсолютной погрешности канала измерения температуры установок

7.3.2 Измерения проводят в пяти точках диапазона измерений:

$$T_{01} = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}; T_{02} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}; T_{03} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}; T_{04} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}; T_{05} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

В каждой из точек ТПС выдержать в течение 15 мин, после чего считать показания эталонного термометра -  $R_{эji}$  (Ом) и показания с экрана установки -  $T_{ji}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Отклонение действительных значений температуры в термостате от указанных выше должно находиться в пределах  $\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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

На каждой температуре повторить измерения не менее трех раз, зарегистрировав значения  $R_{э12... R_{эji}}$  и  $T_{12... T_{ji}}$  соответственно.

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

$$R_{эj} = \left( \frac{\sum_{i=1}^m R_{эji}}{m} \right), \quad (2)$$

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

Рассчитать значения температуры  $T_{эj}$  по показаниям сопротивления, снятого с эталонного термометра ( $R_{эj}$ ) согласно приложений А и Б руководства по эксплуатации Хд 2.821.066 РЭ на термометр сопротивления эталонный ЭТС-100.

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

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

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

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

7.3.5 Установки считают пригодными к эксплуатации, если наибольшее значение абсолютной погрешности канала измерения температуры ( $\Delta_{Tj}$ ) установки находится в пределах  $\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 7.4 Проверка герметичности

7.4.1 Проверку герметичности соединений установок проводят при помощи компрессора, которым задают избыточное давление воздуха.

7.4.2 Вернуть на место чувствительные элементы для измерения давления и температуры.

7.4.3 К выходному отверстию установки подключить манометр с верхним пределом измерений большим 1,25 максимального рабочего давления по паспортным данным установки. Через штуцер во входном отверстии подать воздух в установку. Выдержать установку под избыточным давлением равным 1,25 максимального рабочего давления в течение 10 минут. Наблюдать за изменением давления внутри установки по показаниям манометра.

7.4.4 Установки считают выдержавшими 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 программного обеспечения необходимо нажать на кнопку «Сведения о СПУ-3М», в появившемся окне в таблице «Компоненты ПО» будет отображаться следующая информация:

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

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

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	SPUDBModule
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.1.5
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 эталонную установку и установку поверочную СПУ-3М 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  $\pm 3$  %.

Примечание – При определении относительной погрешности на каждом из расходов необходимо выполнить одновременно два условия: значение контрольного объема воздуха должно быть не менее  $0,01 \text{ м}^3$ , а значение времени накопления объема должно быть не менее 100 с.

7.6.2 Относительную погрешность установки при измерении объема рассчитывают по формуле:

$$\delta_{vi} = \left( \frac{V_{изм}}{V_{эт}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (5)$$

где  $V_{изм}$  – измеренное значение объема (снятое с показывающего устройства установки),  $\text{м}^3$ ;

$V_{эт}$  – эталонный объем,  $\text{м}^3$ .

Установки считают пригодными к эксплуатации, если относительная погрешность установок при измерении объема в рабочих условиях находится в пределах:

- для исполнения А  $\pm 0,3$  %;
- для исполнения Б  $\pm 0,45$  %.

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

$$\delta_{cm} = K \times \sqrt{\delta_v^2 + \delta_T^2 + \delta_p^2} \quad (6)$$

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

$\delta_v$  – наибольшая относительная погрешность установки при измерении объема в рабочих условиях, % (полученная в результате поверки по п. 7.6.2);

$\delta_T$  – наибольшая относительная погрешность канала измерения температуры, %; вычисленная по формуле:

$$\delta_j T = \left( \frac{T_j - 273,15}{T_{эj} + 273,15} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (7)$$

$\delta_p$  – наибольшая относительная погрешность канала измерения давления, %, вычисленная по формуле (1).

7.6.4 Установки считают пригодными к эксплуатации, если относительная погрешность установок при измерении объема газа, приведенного к стандартным условиям, находится в пределах:

- для исполнения А  $\pm 0,5$  %;
- для исполнения Б  $\pm 0,6$  %.

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки заносятся в протокол (Приложение Б).

8.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке, делают соответствующую запись в паспорте с подписью поверителя, проводившего поверку, скрепленную оттиском знака поверки в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» (4, 6), утвержденного Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015.

Знак поверки наносят давлением на специальную мастику, расположенную в чашке пломбировочной на крепежном винте крышки установок в соответствии с требованиями описания типа (Приложение В).

8.3 При отрицательных результатах поверки установки к применению не допускают, имеющиеся знаки поверки гасят, выдают «Извещение о непригодности к применению» с указанием причин о непригодности в соответствии с порядком установленным Приказом Минпромторга России № 1815 от 2.07.2015 г. «Порядок проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

## 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  $t$ :

$$W_{\text{ст}} = W(t) - dW(t) = 1,392927 + 0,0000625 = 1,3926895$$

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:

$$D_0 = 439,932854 \quad D_4 = 2,920828 \quad D_7 = -0,188732$$

$$D_1 = 472,418020 \quad D_5 = 0,005184 \quad D_8 = 0,191203$$

$$D_2 = 37,684494 \quad D_6 = -0,963864 \quad D_9 = 0,049025$$

$$D_3 = 7,472018$$

**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:

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

где коэффициенты  $B_i$  имеют следующие значения:

$B_0$	0,18332472	$B_8$	-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 \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ 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 канала измерения давления

3.3 Определение абсолютной погрешности канала измерения температуры

3.4 Проверка герметичности

3.5 Опробование

3.6.1 Определение относительной погрешности установки при измерении объема в рабочих условиях

№№ п/п	$T_{\text{эт}}$ , °С	$P_{\text{атм.}}$ , кПа	$Q_{\text{пов}}$ , %	$Q_{\text{спу-3}}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q_{\text{эт}}$ , м <sup>3</sup> /ч	$\delta$ , %
			$Q_{\text{min}}$			
			$0,005Q_{\text{max}}$			
			$0,01Q_{\text{max}}$			
			$0,04Q_{\text{max}}$			
			$0,25Q_{\text{max}}$			
			$0,5Q_{\text{max}}$			
			$Q_{\text{max}}$			

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

Заключение:

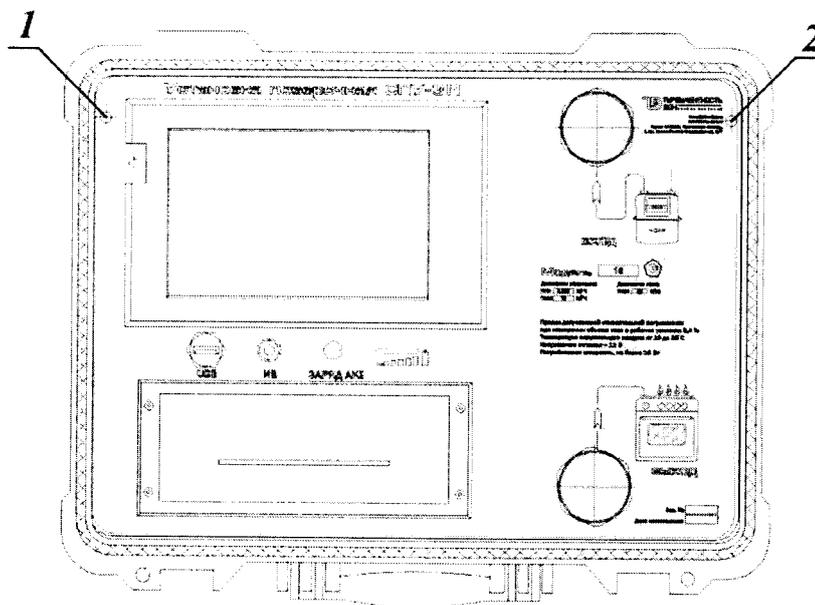
Поверитель:

\_\_\_\_\_  
ФИО

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

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



- 1 – место для знака поверки (способом давления на специальную мастику).  
 2 – место для пломбы предприятия – изготовителя (способом давления на специальную мастику).

Рисунок 2 - Схема пломбирования установок поверочных СПУ-3М.