

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ -

и.о. директора ФГУП ВНИИР

В.Г. Соловьев

2011 г.



ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

**Установки поверочные CALIBRON серий S и O
фирмы Honeywell Enraf Americans, Inc (США)**

Методика поверки

г. Казань

2011

Соловьев

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные CALIBRON серий S и O (далее – установки), предназначенные для измерения объема жидкости, и устанавливает методику и последовательность их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками:

- для стационарного исполнения - 2 года;
- для мобильного исполнения - 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПО ПОВЕРКЕ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (п. 6.1);
- опробование, проверка отсутствия протечек (п. 6.2);
- определение метрологических характеристик (п. 6.3).

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

- весы электронные с погрешностью $\pm 0,01$ %;
- гири по ГОСТ 7328-2001.
- мерники эталонные 1-го разряда с погрешностью $\pm 0,02$ %;

2.2 Допускается применение других аналогичных по назначению средств измерений, удовлетворяющих требованиям по метрологическим характеристикам.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования:

- Правил пожарной безопасности;
- «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевые правила по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок»;
- «Правил устройства электроустановок (ПУЭ) потребителей»;
- Правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенными в эксплуатационной документации;
- Инструкций по охране труда, действующих на объекте.

3.2 Оборудование, используемое при поверке, и средства поверки должны иметь эксплуатационную документацию, формуляр, паспорт и техническое описание.

3.3 Наибольшее давление при поверке не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации на оборудование и средства измерений. Использование элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещаются.

3.4 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

3.5 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки, снятие показаний приборов.

3.6 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию технологического и поверочного оборудования.

3.7 При появлении течи поверочной жидкости и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- измеряемая среда - дистиллированная (деионизированная) вода с параметрами:
 - температура, °С (20 ± 10)
 - давление на выходе установки, МПа, не менее 0,1
- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 5)
- относительная влажность, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 107

- параметры напряжения питания, вибрации, внешних магнитных полей находятся в пределах, нормированных в эксплуатационной документации установки.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед проведением поверки проводят следующие подготовительные работы:

5.1 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке всех средств поверки.

5.2 Перед проведением поверки установки, которая находилась в эксплуатации на СИКН (НП), проверяют степень очистки ее внутренней поверхности от нефти (нефтепродуктов). Чистоту внутренней поверхности установки после промывки считают удовлетворительной, если в пробе воды, отобранной из установки в стеклянный сосуд, отсутствуют следы нефти (нефтепродуктов).

5.3 Подключают установку к поверочной установке в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на установку.

5.4 Обеспечивают циркуляцию воды в установке и поверочной установке для стабилизации температуры и давления измеряемой среды.

5.6 Удаляют из системы газ (воздух). Производят несколько раз пуск поршня, проверяя после каждого пуска отсутствие газа (воздуха). Считают, что газ (воздух) удален полностью, если из кранов вытекает струя воды без газовых (воздушных) пузырьков. Операции по проверке отсутствия газа (воздуха) в установке проводят после каждого перерыва в работе с остановкой насоса.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

- состав, комплектность и маркировка должны соответствовать технической документации;
- на установке не должно быть внешних механических повреждений, влияющих на ее работоспособность.

6.2 Опробование

Опробование поверяемой установки проводят путём запуска поршня и проверки работоспособности всех средств поверки и вспомогательного оборудования, применяемых для поверки установки.

Осуществляют контроль протечек. Для этого выполняют следующие процедуры:

- устанавливают дифференциальный манометр из комплекта установки между входом и выходом установки;
- закрывают запорные клапаны на входе и выходе установки;
- удаляют газоздушную смесь из системы;
- создают дифференциальное давление.
- осматривают установку на наличие внешних протечек;
- по показаниям дифференциального манометра наблюдают за изменением давления.

Если в течение 15 минут давление не изменяется более, чем на 25 % от начального давления, то считают, что протечки отсутствуют.

6.3 Определение метрологических характеристик

При проведении поверки определяют следующие метрологические характеристики:

- вместимость установки при стандартных условиях;
- относительную погрешность при измерении объема.

6.3.1 Определение метрологических характеристик весовым методом

При помощи регулятора расхода устанавливают требуемый поверочный расход. Контроль значения поверочного расхода осуществляют при помощи указателя расхода, в качестве которого применяется преобразователь расхода. Отклонение поверочного расхода от установленного значения в процессе поверки не должно превышать $\pm 5\%$.

Количество измерений не менее семи. Перед каждым измерением проводят калибровку весов по гилям.

Фактическую массу воды при i -ом измерении вычисляют по формуле

$$M_{ei} = M_i \cdot \frac{\left(1 - \frac{\rho_{воз.i}}{\rho_2}\right)}{\left(1 - \frac{\rho_{воз.i}}{\rho_{ei}}\right)} \quad (1)$$

где M_i – масса воды, измеренная весами при i -ом измерении, г;

$\rho_{воз.i}$ – плотность воздуха, вычисленная по формуле (2) для i -го измерения, г/см³;

ρ_2 – плотность гиля, г/см³;

ρ_{ei} – плотность воды, вычисленная по формуле (3) для i -го измерения, г/см³.

Плотность воздуха при i -ом измерении вычисляют по формуле

$$\rho_{воз.i} = 1,223068 \cdot \left(1 - \frac{0,1049869 \cdot h}{1000}\right) \cdot \left(\frac{519,67}{1,8 \cdot t_{воз.i} + 491,67}\right) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

где h – высота над уровнем моря, м;

$t_{воз.i}$ – температура воздуха при i -ом измерении, °С.

Плотность воды при i -ом измерении вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} \rho_{ei} = & (999,8395639 + 0,06798299989 \cdot t_{ei} - 0,009106025564 \cdot t_{ei}^2 + \\ & + 0,0001005272999 \cdot t_{ei}^3 - 0,000001126713526 \cdot t_{ei}^4 + \\ & + 0,000000006591795606 \cdot t_{ei}^5) \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad (3)$$

где t_{ei} – температура воды в установке при i -ом измерении, °С;

Объем воды в емкости, при i -ом измерении при температуре измерений массы воды в емкости вычисляют по формуле

$$V_{ei} = \frac{M_{ei}}{\rho_{ei}} \quad (4)$$

Объем воды при стандартных условиях ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{изб.} = 0\text{ МПа}$) вычисляют по формулам

$$V_{oi} = \frac{V_{ei}}{CCF} \quad (5)$$

$$CCF = CTS \cdot CPS \cdot CPL \quad (6)$$

$$CTS = (1 + ((t_{yi} - 20) \cdot Ga)) \cdot (1 + ((t_{di} - 20) \cdot Gl)) \quad (7)$$

$$CPS = 1 + \frac{P_{yi} \cdot D_y}{E \cdot d_y} \quad (8)$$

$$CPL = \frac{1}{(1 - P_{yi} \cdot F)} \quad (9)$$

где t_y – температура в установке, $^{\circ}\text{C}$;
 G_a – коэффициент объемного расширения стенок установки, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
 t_{di} – температура возле детекторов, $^{\circ}\text{C}$;
 G_l – коэффициент линейного расширения панели крепления детекторов, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
 P_{yi} – давление в установке, МПа;
 F – коэффициент сжимаемости, МПа^{-1} (для воды $F = 4,64 \cdot 10^{-4}\text{ МПа}^{-1}$);
 D_y – внутренний диаметр установки, мм;
 d_y – толщина стенок установки, мм;
 E – модуль упругости материала стенок установки, МПа.

Среднее значение объема при стандартных условиях V_o , см^3 , вычисляют по формуле

$$\bar{V}_o = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi}}{n} \quad (10)$$

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) значений объема при стандартных условиях вычисляют по формуле

$$S = \frac{1}{\bar{V}_o} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{oi} - \bar{V}_o)^2}{n-1}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S \leq 0,015\% \quad (12)$$

При невыполнении условия (12) производят повторную калибровку весов. СКО среднего значения объема при стандартных условиях вычисляют по формуле

$$S_{\bar{V}_o} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

Граница неисключенной систематической погрешности установки вычисляют по формуле

$$\Theta = \pm 1,4 \sqrt{\Theta_{\theta}^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_{CTS}^2 + \Theta_{CPS}^2 + \Theta_{CPL}^2} \quad (14)$$

где Θ_{θ} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью весов ($\Theta_{\theta} = 0,01$ %), %;

Θ_{ρ} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения плотности воды в установке ($\Theta_{\rho} = 0,006$ % - при вычислении плотности воды по формуле (3)), %;

Θ_{CTS} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CTS, учитывающего влияние температуры стенок установки на вместимость установки ($\Theta_{CTS} = 0,001$ %), %;

Θ_{CPS} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPS, учитывающего влияние давления поверочной жидкости на вместимость установки ($\Theta_{CPS} = 0,001$ %), %;

Θ_{CPL} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем поверочной жидкости в установке ($\Theta_{CPL} = 0,0001$ %), %;

СКО суммы неисключенной систематической и случайной погрешностей вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{V_0}^2 + S_{\Theta}^2} \quad (15)$$

СКО суммы неисключенных систематических погрешностей при равномерном распределении вычисляют по формуле

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot (\Theta_{\theta}^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_{CTS}^2 + \Theta_{CPS}^2 + \Theta_{CPL}^2)} \quad (16)$$

Относительную погрешность установки вычисляют по формулам

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (17)$$

$$K = \frac{\Theta + t_{0,99} \cdot S_{V_0}}{S_{\Theta} + S_{V_0}} \quad (18)$$

где $t_{0,99}$ - коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,99$.

Результаты поверки считают положительными, если выполняется следующее условие

$$\delta \leq 0,05\% \quad (19)$$

6.3.2 Определение метрологических характеристик объемным методом

Определение вместимости поверяемой установки, приведенной к стандартным условиям, основано на измерениях объема поверочной жидкости, вытесненной поршнем при помощи эталонного мерника или набора эталонных мерников различной вместимости.

Количество применяемых при измерениях эталонных мерников определяется вместимостью установки. Суммарная вместимость эталонных мерников применяемых при измерениях, должна обеспечить наименьшее число полных заполнений соответствующих эталонных мерников.

При помощи регулятора расхода устанавливают требуемый поверочный расход. Контроль значения поверочного расхода осуществляют при помощи указателя расхода. Допускается отклонение установленного значения поверочного расхода не более чем на $\pm 5\%$.

Поочередно заполняют мерники. Выдерживают до успокоения поверочной жидкости и определяют объем поверочной жидкости в мерниках. Показания снимают по нижнему краю мениска поверочной жидкости.

Если вместимость поверяемой установки превышает суммарную вместимость эталонных мерников, то после наполнения мерников до отметки номинальной вместимости, поршень установки останавливают. Определяют объем поверочной жидкости в мерниках. Сливают воду из мерников, выдерживая время слива (после слива воды необходимо в течение 1 минуты выдержать сливные краны открытыми), чтобы каждый раз сливалось одинаковое количество воды. В этом случае мерник будет готов к заполнению, поскольку на его внутренних стенках всегда будет оставаться одинаковое количество воды в виде пленки.

Если уровень воды в мернике окажется ниже или выше отметки номинальной вместимости, то его устанавливают, доливая или сливая воду, измеряя ее объем мерными цилиндрами. Объем воды в мернике определяют вычитанием или сложением с объемом долитой или слитой воды.

Если на горловине мерников имеются деления, нулевая отметка не имеет особого значения. Залить жидкость можно до любого уровня, записать уровень жидкости, а затем емкость мерников рассчитывается математически по отрицательным или положительным показаниям шкалы. Минус означает, что уровень воды находится ниже нулевой отметки, плюс означает, что уровень выше нулевой отметки на шкале.

Если измерения производят после длительного перерыва (не менее 1 часа), то перед началом измерений и пуском поршня мерники предварительно смачивают. Для этого наливают воду в количестве, примерно равном вместимости установки, сливают воду и выдерживают мерник в течение 2 минут.

Значения давления в установке, температуры воды в мернике и установке, объем воды заносят в протокол.

Проводят не менее 7 измерений.

Вместимость установки при стандартных условиях вычисляют по формуле

$$\bar{V}_o = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi}}{n} \quad (20)$$

где V_{oi} – вместимость установки при стандартных условиях при i -м измерении, m^3 ;
 n – количество измерений.

Вместимость установки при стандартных условиях при i -м измерении вычисляют по формулам

$$V_{oi} = \sum_{j=1}^k V_{oMij} \quad (21)$$

$$V_{oMij} = V_{Mij} \cdot CTDW_{Mij} \cdot \frac{CTS_{Mij}}{CTS_{Yij}} \cdot \frac{1}{CPS_{Yij} \cdot CPL_{Yij}} \quad (22)$$

$$V_{Mij} = V_{Mnij} \quad (23)$$

$$V_{Mij} = V_{Mнij} + \Delta V \quad (24)$$

$$CTDW_{ij} = \frac{RHO_{Mij}}{RHO_{yij}} \quad (25)$$

$$RHO = 999,8395639 + 0,06798299989 \cdot t - 0,009106025564 \cdot t^2 + \\ + 0,0001005272999 \cdot t^3 - 0,000001126713526 \cdot t^4 + \\ + 0,000000006591795606 \cdot t^5 \quad (26)$$

$$CPS_{yij} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{yij} \cdot D_y}{E \cdot d_y} \quad (27)$$

$$CTS_{yij} = (1 + ((t_{yij} - 20) \cdot \alpha_{k1})) \cdot (1 + ((t_{dij} - 20) \cdot \alpha_d)) \quad (28)$$

$$CTS_{Mij} = 1 + 3 \cdot \alpha_{tM} \cdot (t_{Mij} - 20) \quad (29)$$

$$CPL = \frac{1}{(1 - P_{yij} \cdot F)} \quad (30)$$

$$t_{yij} = \frac{t_{exij} + t_{выхij}}{2} \quad (31)$$

$$P_{yij} = \frac{P_{exij} + P_{выхij}}{2} \quad (32)$$

где V_{oMij} - объем поверочной жидкости в j-ом эталонном мернике при i-ом измерении, скорректированный с учетом разных условий в эталонных мерниках и поверяемой установке, приведенный к стандартным условиям, м³;

k - количество мерников, используемых при i-ом измерении;

V_{Mij} - объем поверочной жидкости в j-ом эталонном мернике при i-ом измерении.

Вычисляют по формуле (23), если при наполнении эталонного мерника уровень поверочной жидкости окажется на уровне отметки номинальной вместимости или по формуле (24), если при наполнении какого-либо эталонного мерника уровень поверочной жидкости окажется выше (ниже) отметки номинальной вместимости, м³;

$CTDW_{ij}$ - комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в установке и в j-ом эталонном мернике на объем жидкости, определенный для температуры жидкости в установке и в j-ом эталонном мернике за время i-го измерения для j-го эталонного мерника;

CTS_{Mij} - коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок j-ого эталонного мерника на вместимость мерника при i-ом измерении;

CTS_{yij} - коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок установки на вместимость установки при i-ом измерении при наполнении j-ого эталонного мерника;

$CPS_{y\ ij}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления жидкости на вместимость установки при i -ом измерении при наполнении j -ого эталонного мерника;

$CPL_{y\ ij}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости, определенный для давления жидкости в установке за время i -го измерения при наполнении j -ого эталонного мерника;

$V_{M\ ij}$ - номинальная вместимость j -го эталонного мерника (берется из свидетельства о поверке), m^3 ;

ΔV - объем слитой в мерный цилиндр (долитой из мерного цилиндра, с обратным знаком) поверочной жидкости, m^3 ;

$RHO_{M\ ij}$, $RHO_{y\ ij}$ - плотности воды, вычисленные по формуле (26) при температуре $t_{M\ ij}$ и $t_{y\ ij}$ соответственно;

$P_{y\ ij}$ - среднее значение давления поверочной жидкости в установке за время i -го измерения при наполнении j -ого эталонного мерника, МПа;

D_y - внутренний диаметр калиброванного участка установки, мм (берут из эксплуатационной документации установки);

E - модуль упругости материала стенок установки, МПа;

d_y - толщина стенок установки, мм (берут из эксплуатационной документации установки);

α_{tm} - коэффициент линейного расширения материала стенок эталонных мерников, $1/^\circ C$;

α_{tl} - коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов установки (берут из технической документации на установку);

α_{kl} - квадратичный коэффициент расширения стали калиброванного участка установки, (берут из технической документации на установку);

$t_{y\ ij}$ - среднее значение температуры поверочной жидкости в установке за время i -го измерения при наполнении j -ого эталонного мерника, $^\circ C$.

$t_{M\ ij}$ - значение температуры поверочной жидкости в j -ом эталонном мернике, $^\circ C$.

$t_{d\ ij}$ - температура планки крепления детекторов (при отсутствии датчика температуры берут значение равное температуре окружающей среды), $^\circ C$;

F - коэффициент сжимаемости воды, равный $4,91 \cdot 10^{-4}$ МПа $^{-1}$;

$t_{ex\ ij}$, $t_{вых\ ij}$ - температура поверочной жидкости на входе и выходе установки при i -ом измерении при наполнении j -ого эталонного мерника, $^\circ C$;

$P_{ex\ ij}$, $P_{вых\ ij}$ - давление поверочной жидкости на входе и выходе установки при i -ом измерении и при наполнении j -ого эталонного мерника, МПа.

Оценивают СКО результатов определения вместимости установки по формуле

$$S = \frac{1}{V_o} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{oi} - \bar{V}_o)^2}{n-1}} \cdot 100 \% \quad (33)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S \leq 0,015\% \quad (34)$$

Если условие (34) не выполнено, анализируют причины и выявляют промахи. Допускается не более одного промаха из семи измерений. В противном случае поверку прекращают.

После исключения промахов при необходимости количество измерений доводят до семи.

Проводят повторное оценивание СКО

При повторном невыполнении условия (34) поверку прекращают.

Технологическую схему поверки и установки освобождают от поверочной жидкости. установку предъявляют на профилактический осмотр и ремонт.

При соблюдении условия (34) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

Вычисляют границу неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки по формулам

$$\Theta = \pm (|\Theta_M| + |\Theta_t|) \quad (35)$$

$$\Theta_t = \beta \cdot \sqrt{\Delta t_y^2 + \Delta t_M^2} \cdot 100 \quad (36)$$

где Θ_M – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью эталонного мерника ($\Theta_M = 0,02 \%$), %;

Θ_t – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью измерения температуры, %;

β – коэффициент объемного расширения воды, равный $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

$\Delta t_y, \Delta t_M$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности термометров при измерении температуры в эталонных мерниках и установке, $^\circ\text{C}$ (для термометров с абсолютной погрешностью $\pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ принимают $\Delta t = 0,0074 \%$).

СКО среднего значения результатов определения вместимости установки вычисляют по формуле

$$S_{\bar{V}_o} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (37)$$

СКО суммы неисключенной систематической и случайной погрешностей вычисляют по формуле

$$S_\Sigma = \sqrt{S_{\bar{V}_o}^2 + S_\Theta^2} \quad (38)$$

СКО суммы неисключенных систематических погрешностей вычисляют по формуле

$$S_\Theta = \sqrt{\frac{\Theta_M^2}{3} + \frac{\Theta_t^2}{3}} \quad (39)$$

Относительную погрешность установки вычисляют по формулам

$$\delta = K \cdot S_\Sigma \quad (40)$$

$$K = \frac{\Theta + t_{0,99} \cdot S_{\bar{V}_o}}{S_\Theta + S_{\bar{V}_o}} \quad (41)$$

где $t_{0,99}$ - коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,99$.

Результаты поверки считают положительными, если выполняется следующее условие

$$\delta \leq 0,05\% \quad (42)$$

7.ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

7.1 Результаты поверки, измерений и вычислений вносят в протокол поверки произвольной формы.

7.2 При положительных результатах поверки установки оформляют свидетельство согласно ПР 50.2.006-94, к которому прилагают протокол поверки.

7.3 На лицевой стороне свидетельства о поверке записывают, что установка на основании результатов поверки признана годной и допущена к применению в качестве рабочего эталона 1-го разряда с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,05$ %. На оборотной стороне свидетельства указывают вместимость при стандартных условиях.

7.4 При отрицательных результатах поверки установку к применению не допускают, свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин согласно ПР 50.2.006-94.