

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
“ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ”
(ФГУП “ВНИИМС”)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП “ВНИИМС”



Н.В. Иванникова

// _____ 2018 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка трубопоршневая УТП-20

**Методика поверки
МП 208-085-2018**

г. Москва

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Операции поверки.....	3
2. Средства поверки.....	4
3. Требования к квалификации поверителей.....	6
4. Требования безопасности	6
5. Условия поверки.....	6
6. Подготовка к поверке.....	7
7. Проведение поверки.....	7
7.1. Внешний осмотр.....	7
7.2. Опробование.....	7
7.3. Определение метрологических характеристик установки.....	8
7.4. Идентификация программного обеспечения	17
8. Оформление результатов поверки.....	17
Приложение.....	18

Настоящий документ распространяется на установку трубопоршневую УТП-20 (далее по тексту – установка), изготовленную обществом с ограниченной ответственностью НТЦ "Внедрение-99", г. Москва, и устанавливает порядок и объем ее первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки установки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики
1. Внешний осмотр	7.1
2. Опробование	7.2
3. Определение метрологических характеристик	7.3
3.1. Определение калиброванных объемов установки	7.3.1
3.2. Определение погрешностей измерений времени при воспроизведении калиброванных объемов	7.3.2
3.3. Определение погрешностей измерений температуры корпуса гидроцилиндра и измерительной линейки	7.3.3
3.4. Определение погрешностей воспроизведения калиброванных объемов	7.3.4
3.5. Определение погрешности установки из-за протечек жидкости через уплотнительный элемент поршня трубопровода	7.3.5
3.6. Определение погрешностей воспроизведения объемного расхода жидкости	7.3.6
3.7. Определение погрешностей измерений частоты выходных электрических сигналов преобразователей расхода (ПР)	7.3.7
3.8. Определение погрешностей измерений выходных сигналов напряжения и силы постоянного тока ПР	7.3.8
4. Идентификация программного обеспечения	7.4

1.2 При отрицательных результатах поверки по любому пункту таблицы 1 установка бракуется и подлежит ремонту.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки используют рабочие эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
7.3.1	Весы электронные ED-N-30: наибольший предел взвешивания (НПВ) 30 кг; наименьший предел взвешивания (НмПВ) 0,05 кг; пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от НмПВ до 5000 е $\pm 1е$, в диапазоне от 5000 е до 20000 е $\pm 2 е$, свыше 20000 е $\pm 3 е$
7.3.1	Весы лабораторные JW-1-3000: НПВ 3000 г; НмПВ 5 г; пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от НмПВ до 5000 е $\pm 1 е$, в диапазоне от 5000 е до 20000 е $\pm 2 е$, свыше 20000 е $\pm 3 е$.
7.3.2	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3R: диапазон измерений временных интервалов времени от 7 нс до 7000 с, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 5 \cdot 10^{-9}$
7.3.7	Генератор сигналов специальной формы ГСС-120: диапазон воспроизведения частоты от 1 мкГц до 120 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты $\pm(5 \cdot 10^{-6} \cdot F + 1 \text{ мкГц})$, где F – измеряемая частота
7.3.8	Калибратор многофункциональный 3041R: диапазон воспроизведения силы постоянного тока от 0,2 до 2 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(0,005 \cdot 10^{-2} \cdot I_{уст} + 0,03 \text{ мкА})$; диапазон воспроизведения силы постоянного тока от 2 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(0,005 \cdot 10^{-2} \cdot I_{уст} + 0,2 \text{ мкА})$; диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от 2 до 20 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(25 \cdot 10^{-6} \cdot U_{уст} + 40 \text{ мкВ})$, где $I_{уст}$ – установленное значение силы постоянного тока в мкА; $U_{уст}$ – установленное напряжение постоянного тока в мкВ.
7.3.1	Ареометры стеклянные L20: диапазоны измерений от 980 до 1000 кг/м ³ ; от 1000 до 1020 кг/м ³ , от 1020 до 1040 кг/м ³ ; пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 \text{ кг/м}^3$
7.3.5	Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ 10: диа-

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
	диапазон измерений от 0 до 10 мм; кл. 1 по ГОСТ 577-68
7.3.1	Термометр стеклянный лабораторный ТЛ-4м: диапазон измерений от 0 до 55 °С; цена деления 0,1 °С
7.3.5	Секундомер электронный "Интеграл С-01": диапазон измерений интервалов времени от 0 до 9 ч 59 мин 59,99 с; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений интервалов времени $\pm(9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$, с, где T_x – значение измеренного интервала времени
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
7.3.1, 7.3.2, 7.3.5, 7.3.7	Барометр –анероид метрологический БАММ-1: диапазон измерений абсолютного давления от 80 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7К: диапазон измерений влажности от 0 до 99 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений влажности ± 1 % в диапазоне от 0 до 60 % и $\pm 2,0$ % в диапазоне от 60 до 99 %; диапазон измерений температуры от минус 45 до плюс 120 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2$ °С в диапазонах от минус 20 до 60 °С, от 40 до 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,5$ °С в диапазоне от минус 40 до плюс 150 °С.
7.3.1	Электроклапан ГА-165
7.3.1	Сосуды для жидкости объемом 5 л, 25 л

2.2 Вместо указанных в таблице 2 допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение МХ с требуемой точностью.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах)

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К поверке допускаются лица, квалифицированные в качестве поверителя, изучившие руководство по эксплуатации УТП-20/2018 РЭ установки, знающие принцип действия используемых средств измерений (СИ), имеющие навыки работы на персональном компьютере.

3.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже 3.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. При проведении поверки установки необходимо соблюдать:

- правила безопасности, действующие на предприятии-эксплуатанте установки, ГОСТ 12.1.019-2009, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.004-91, а также "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей", введенные приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г., и "Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок" ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, утвержденные Министерством энергетики 27.12.2000 г. и Министерством труда и социального развития РФ 05.01.2001 г.;
- общие правила выполнения работ в соответствии с эксплуатационной документацией по требованиям безопасности изготовителя.

4.2. К работе по выполнению поверки установки допускаются лица не моложе 18 лет, ознакомленные с эксплуатационной документацией на установку и с настоящей методикой.

4.3. Работы по выполнению поверки установки должны проводиться по согласованию с лицом, ответственным за ее эксплуатацию

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Поверку проводят при следующих условиях:

условия окружающей среды;

- температура воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха при температуре +25 °С, не более, %- 80;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа) - от 720 до 780 (от 96 до 104);

- температура поверочной жидкости, °С- от +15 до +25;

питание электронных приборов и ПК:

- напряжение питающей сети, Вот 198 до 242;

- частота питающей сети, Гц 50 ± 0,4.

Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать требованиям, указанным в их руководствах по эксплуатации.

5.2. Изменение температуры поверочной жидкости во время поверки не должно превышать 1 °С.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке проводят следующие работы:

6.1. Проверяют комплектность установки в соответствии эксплуатационной документацией.

6.2. Проверяют наличие свидетельств о поверке на рабочие эталоны, используемые при поверке.

6.3. Проводят необходимые подготовительные работы по запуску устройств и агрегатов установки в соответствии с указаниями РЭ.

6.4. Записывают в протокол поверки условия проведения поверки, указанные в разделе 5.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность установки соответствует формуляру;
- узлы, агрегаты и измерительные средства, входящие в установку, не имеют внешних повреждений, которые могут влиять на ее работу. При этом должно быть обеспечено надежное крепление соединителей и разъемов, отсутствие нарушений экранировки кабелей и качественное заземление;

- пневматические и гидравлические соединения установки герметичны при давлении жидкости и воздуха в диапазонах, указанных в РЭ. Наличие течей и подтеканий не допускается.

Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются вышеприведенные требования.

7.2. Опробование

7.2.1. Перед началом работ проверяют оборудование и включают питающие установки, руководствуясь документом УТП-20/2018 РЭ.

7.2.2. Проверяют функционирование установки:

- запускают программу "ETPU_Programm". После запуска ПО на экране ПК отобразится окно главного меню программы «ETPU_Programm», показанное на рисунке 1.

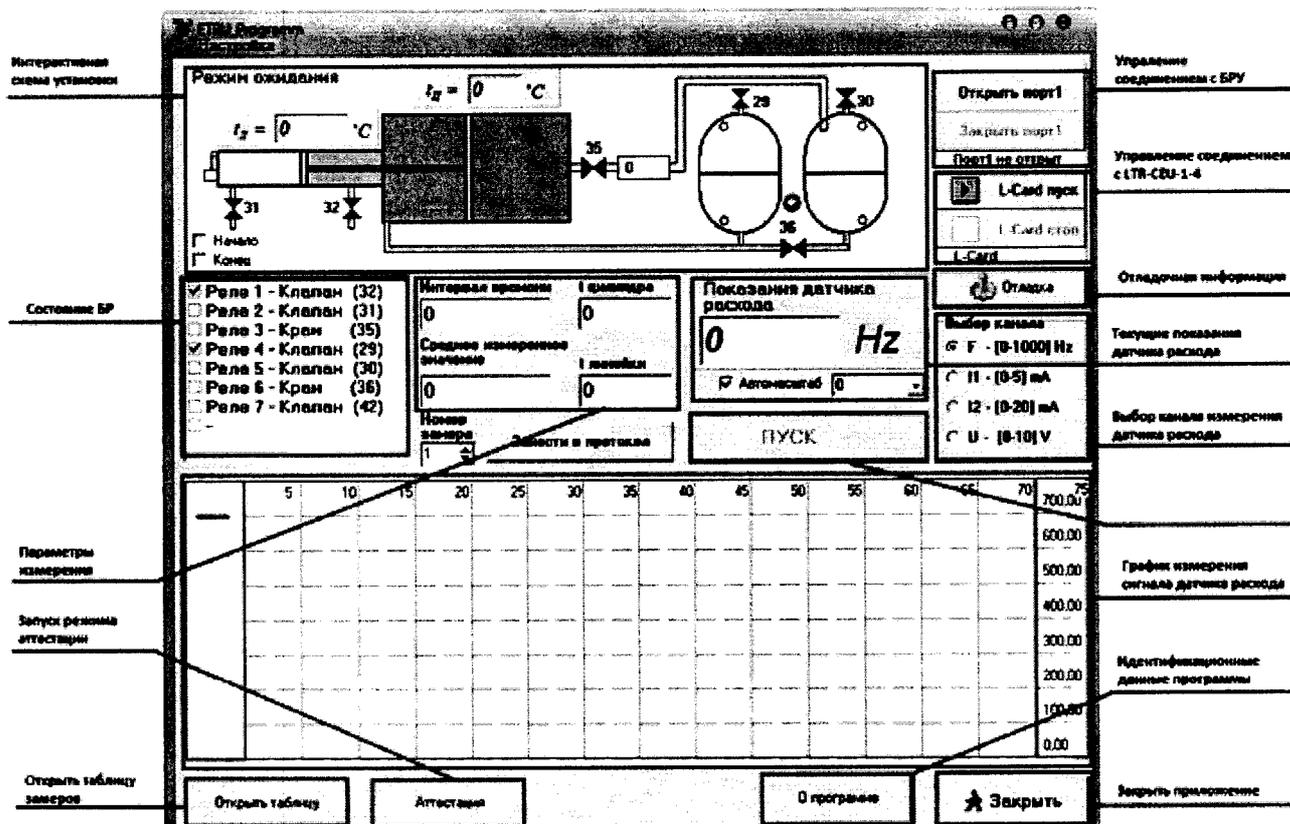


Рисунок 1 – Вид главного меню программы «ETPU_Programm»

– проверяют целостность идентификационных данных ПО нажатием кнопки «0 программе». При этом на экране монитора отображается таблица с идентификационными данными ПО, приведенная на рисунке 2;

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	Программа испытаний преобразователей расхода
Идентификационное наименование ПО	ETPU_Programm
Номер версии (идентификационный номер)	Версия 2.1
Цифровой идентификатор ПО (CRC32)	1565311226

Рисунок 2 – Таблица с идентификационными данными ПО

- по команде оператора «ПУСК» проверяют правильность функционирования установки при одном полном цикле ее работы, включающем "Рабочий ход" – "Обратный ход" с возвратом установки в исходное состояние. Проверка проводится без определения метрологических характеристик.

Результаты опробования считать положительными, если подтверждается работоспособность установки в соответствии с РЭ.

7.3. Определение метрологических характеристик установки

7.3.1. Определение калиброванных объемов установки

7.3.1.1. Определить калиброванный объем $V_1=2$ л установки в следующей последовательности:

- 1) Устанавливают поршень трубопровода в крайнее левое положение;
- 2) Подают команду на перемещение поршня установки в сторону калиброванного объема нажатием на экране монитора окна "Аттестация" (Рисунок 1). При этом жидкость из трубопровода начнет поступать через сливную трубку электроклапана ГА-165 в накопительный бак установки. По сигналу оптического датчика при прохождении мимо первой щели на измерительной линейке, соответствующей началу калиброванного объема, электроклапан ГА-165 автоматически переключается на слив жидкости в сосуд для жидкости. По сигналу детектора при прохождении мимо второй щели на измерительной линейке, соответствующей концу калиброванного объема трубопровода $V_1=2$ л, автоматически закрывается электроклапан ГА-165 и слив жидкости из калиброванного объема в сосуд для жидкости заканчивается;
- 3) В процессе слива жидкости измеряют с помощью термопреобразователей сопротивления ТСПг температуру калиброванного участка трубопровода и измерительной линейки установки, а также температуру t_{Ti} непосредственно в струе сливаемой жидкости с помощью термометра ТЛ-4м.
- 4) Проводят взвешивание слитой в сосуд жидкости.
- 5) После взвешивания отбирают пробу жидкости в стеклянный цилиндр и измеряют ареометром плотность жидкости ρ_k и температуру жидкости t_{ki} в цилиндре термометром ТЛ-4м.
- 6) Повторяют операции по п.п. 7.3.1.1. 1)... 7.3.1.1. 5) 10 раз.
- 7) Вычисляют плотность жидкости в калиброванной трубе по формуле (1):

$$\rho_{Ti} = \rho_{ki} - \gamma \cdot (t_{Ti} - t_{ki}), \quad (1)$$

где ρ_{Ti} – плотность жидкости в калиброванной трубе, кг/м³;

γ – температурный коэффициент плотности жидкости, кг/м³·°С;

8) Вычисляют массу слитой жидкости по формуле (2):

$$M_{Ti} = Mi - Mio, \quad (2)$$

где Mio - масса тары при i -том измерении, г;

Mi – общая масса слитой жидкости и тары при i -том измерении, г;

M_{Ti} – масса слитой жидкости за вычетом массы тары при i -том измерении, г.

9) Вычисляют массу слитой жидкости с учетом выталкивающей силы воздуха по формуле (3):

$$M'_{Ti} = \frac{\rho_{Ti}}{\rho_e} \cdot \left(\frac{\rho_e - \rho_g}{\rho_{Ti} - \rho_g} \right) \cdot M_{Ti}, \quad (3)$$

где M'_{Ti} – масса слитой жидкости с учетом выталкивающей силы воздуха, г;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³;

ρ_{Ti} – плотность слитой жидкости при i -том измерении, кг/м³;

ρ_g – плотность эталонных гирь, кг/м³.

10) Вычисляют калиброванный объем при i -том измерении по формуле (4):

$$V_{oi} = \frac{M'_{Ti}}{\rho_{Ti}} \quad (4)$$

11) Вычисляют калиброванный объем V_{oi}^{20} при 20 °С при i -том измерении по формуле (5):

$$V_{oi}^{20} = V_{oi} \cdot [1 + 2 \cdot \alpha_m \cdot (20 - T_{mi}) + \alpha_n \cdot (20 - T_{mi})], \quad (5)$$

где α_m , α_n – коэффициент температурного расширения материала трубопровода и линейки, $\alpha_m = 12 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, $\alpha_n = 16,1 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$;

ΔT_{mi} , ΔT_{li} – температура трубопровода и линейки при i -том измерении, °С.

12) Вычисляют среднее значение калиброванного объема V_0^{20} при +20 °С по формуле (6):

$$V_{oi}^{20} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n V_{oi}^{20} \quad (6)$$

где n – число измерений калиброванного объема.

7.3.1.2 Измеряют калиброванные объемы $V_2=4$ л, $V_3=10$ л, $V_4=20$ л установки, повторив операции по п.п. 7.3.1.1. 1)...12).

7.3.1.3. Определяют относительные отклонения измеренных калиброванных объемов жидкости от номинальных значений по формуле (7):

$$\delta V_j = \frac{V_j - V_0^{20}(V_j)}{V_0^{20}(V_j)} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $j=1,2,3,4$ – номер калиброванного объема.

7.3.1.4. Результаты поверки по данному параметру считают положительными, если относительные отклонения измеренных калиброванных объемов жидкости от номинальных значений не превышают $\pm 1\%$, и, в случае периодической поверки, относительное отклонение измеренных калиброванных объемов от действительных значений калиброванных объемов, измеренных при предыдущей поверке (указываются в формуляре на установку) не превышает $\pm 0,08\%$.

7.3.2. Определение относительной погрешности измерений времени при воспроизведении калиброванных объемов

Определяют относительную погрешности измерений времени в следующей последовательности:

- соединяют разъем ЧЗ-85/R3 "Канал 1" и разъем измерения периодов времени БРУ;

- нажимают кнопку [Время/Период], пока на дисплее частотомера не появится одновременно надписи "Ch1" и "Perlod";

- переключают частотомер в режим измерения напряжения постоянного тока для канала 1, нажав кнопку "===";

- нажимают кнопку "X10" для канала 1 на частотомере для усиления входного сигнала;

- нажимают кнопку "Пуск" на частотомере для начала измерений периода времени;

- нажимают кнопку "Пуск" в программе "ETPU_Programm" для запуска цикла измерений времени;

- сразу после прохождения второй метки "Стоп" нажимают кнопку "Стоп/Однокр" на частотомере для фиксации измеренного значения времени;

- заносят показание интервала времени, измеренное частотомером ЧЗ-85/R3 и значение, показанное в поле "Интервал времени" программы "ETPU_Programm", в протокол поверки;

- проводят пятикратную регистрацию интервалов времени рабочего хода установки 3,6 с ±0,2 с, 50 с ±0,5 с, 200 с ±1 с, 400 с ±1 с по частотомеру ЧЗ-85R3 и по показаниям ПК установки;

- оценивают суммарную относительную погрешность δ_r измерений времени выработки калиброванных объемов жидкости по формуле (8):

$$\delta_r = (|\Theta_r| + |\varepsilon_r|), \%, \quad (8)$$

где

Θ_r – относительное значение неисключенной систематической погрешности (НСП) измерений времени:

$$\begin{aligned} \Theta_r &= \frac{\Delta \bar{\tau}}{\bar{\tau}_1} \cdot 100, \% ; \\ \bar{\tau}_1 &= \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \tau_{1i} , \\ \Delta \bar{\tau} &= \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n (\tau_{1i} - \tau_{2i}) \right) \end{aligned} \quad (9)$$

где τ_{1i}, τ_{2i} – интервалы времени, регистрируемые частотомером ЧЗ-85/R3 и ПК, при i -том измерении, с;

$\bar{\tau}_1$ – среднее значение интервала времени выработки калиброванного объема установки, измеренное частотомером ЧЗ-85/R3, с;

Δ_{τ} - среднее значение разностей показаний времени при воспроизведении калиброванного объема, регистрируемых частотомером ЧЗ-85/R3 и ПК, с;

n - количество измерений интервалов времени ($n=5$);

ε_{τ} - относительное значение случайной составляющей погрешности (ССП) измерений времени:

$$\varepsilon_{\tau} = \frac{t}{\bar{\tau}_1} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((\tau_{1i} - \tau_{2i}) - \Delta\bar{\tau})^2}{n-1}} \cdot 100, \% \quad (10)$$

где

t - коэффициент Стьюдента. $t=2,776$ при доверительной вероятности $P=0,95$ и $n=5$.

Результаты поверки по данному параметру считают положительными, если значения относительной погрешности измерений времени δ_{τ} при воспроизведении калиброванного объема не превышают $\pm 0,02$ % в диапазоне измерений от 3,6 до 400 с.

7.3.3. Определение погрешностей измерений температуры корпуса гидроцилиндра и измерительной линейки

Определить погрешности измерений температуры поэлементным способом в следующей последовательности:

- проводят автономную поверку термопреобразователей сопротивления ТСПр по ГОСТ 8.461-2009;

- проводят автономную поверку установки измерительной LTR-CEU-1-4 в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;

- оценить суммарную абсолютную погрешность Δ_T измерений температуры по формуле (11):

$$\Delta_T = \pm (|\Delta_{ТСПр}| + |\gamma_{LTR} \cdot ВП_{LTR} / 100 \cdot \alpha \cdot R_o|), \quad (11)$$

где

$\Delta_{ТСПр}$ - абсолютное значение погрешности термопреобразователя сопротивления ТСПр. $\Delta_{ТСПр} = \pm(0,3 + 0,005|T|)$, °С (класс точности В по ГОСТ 6651-2009);

γ_{LTR} - значение приведенной погрешности ИК сопротивления установки LTR-CEU-1-4, %. $\gamma = \pm 0,05$ %;

$ВП_{LTR}$ - верхний предел измерений ИК сопротивления установки LTR-CEU-1-4, Ом. $ВП_{ТСПр} = 250$ Ом;

α - температурный коэффициент термопреобразователя сопротивления. $\alpha = 0,00385$ °С⁻¹;

R_o - сопротивление термопреобразователя сопротивления при температуре 0 °С. $R_o = 100$ Ом.

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений температуры корпуса гидроцилиндра и измерительной линейки в диапазоне температур от +15 до +25 °С не превышает ± 1 °С.

Примечание. Допускается проводить поверку ИК температуры корпуса гидроцилиндра и измерительной линейки в составе установки УТП-20 комплектным способом по результатам сквозной градуировки с использованием РЭТ температуры.

7.3.4. Определение погрешностей воспроизведения калиброванных объемов

Определяют погрешность воспроизведения калиброванных объемов в следующей последовательности:

– оценивают относительную суммарную погрешность измерений калиброванного объема по формуле (12):

$$\delta_V = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_m^2 + \tilde{\delta}_V^2 + \delta_{Vt}^2 + \delta_\rho^2}, \quad (12)$$

где

δ_V – относительная суммарная погрешность воспроизведения калиброванного объема, %;

δ_m – относительная погрешность определения калиброванного объема, обусловленная погрешностью весов:

$$\delta_m = \frac{\sqrt{2 \cdot K \cdot \Delta_B^2}}{\bar{M}'_T} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где

\bar{M}'_T – среднее значение массы жидкости, слитой из калиброванного объема трубопровода, г:

$$\bar{M}'_T = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n M'_{Ti}, \quad (14)$$

K – коэффициент, учитывающий количество взвешиваемых порций, $K=1$;

2 – коэффициент, учитывающий взвешивание тары и тары с жидкостью;

Δ_B – абсолютное значения погрешности весов, г;

$\tilde{\delta}_V$ – относительная погрешность воспроизведения калиброванного объема жидкости, обусловленная разбросом результатов измерений по п. 7.3.1:

$$\tilde{\delta}_V = \frac{t}{V_o^{20}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (V_{oi}^{20} - V_o^{20})^2} \cdot 100\%, \quad (15)$$

где

t – коэффициент Стьюдента. $t=2,262$ при доверительной вероятности $P=0,95$ и $n=10$;

δ_{V_t} – относительная погрешность определения калиброванного объема, обусловленная погрешностью измерений температуры корпуса трубопровода и измерительной линейки, %:

$$\delta_{V_t} = \sqrt{(2\alpha_m \cdot \Delta_{mT})^2 + (\alpha_l \cdot \Delta_{lT})^2} \cdot 100, \% , \quad (16)$$

где Δ_{mT} , Δ_{lT} – абсолютные значения погрешности определения температуры корпуса трубопровода и измерительной линейки, °С;

δ_ρ – относительная погрешность определения калиброванного объема жидкости, обусловленная погрешностью измерений плотности жидкости:

$$\delta_\rho = \frac{\Delta_\rho + \gamma \cdot \Delta t}{\rho} \cdot 100, \% , \quad (17)$$

где Δ_ρ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности ареометрами при температуре 20 °С, кг/м³;

ρ – измеренное значение плотности жидкости, кг/м³;

γ – температурный коэффициент расширения жидкости, кг/м³·°С;

Δt – погрешность измерений температуры жидкости термометром ТЛ-4м, °С, $\Delta t = \pm 0,1$ °С.

Результаты поверки по данному параметру считают положительными, если значения относительной погрешности δ_V воспроизведения калиброванных объемов установки $V_1=2$ л, $V_2=4$ л, $V_3=10$ л, $V_4=20$ л не превышают $\pm 0,08$ %.

7.3.5. Определение погрешности установки из-за протечек жидкости через уплотнительный элемент поршня гидроцилиндра

Определяют погрешность установки из-за протечек жидкости в следующей последовательности:

– закрывают кран в линии слива поверочной жидкости из трубопровода в мерный участок;

– подают в полость "Рабочий ход" пневмопривода сжатый воздух с давлением $(0,5 \pm 0,05)$ МПа;

– измеряют индикатором часового типа ИЧ10 перемещение измерительной линейки установки за время $400 \text{ с} \pm 1 \text{ с}$;

– рассчитывают относительную погрешность установки из-за протечек жидкости через уплотнительный элемент поршня трубопровода по формуле (18):

$$\delta_{np} = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100, \% , \quad (18)$$

где Δl - измеренное часовым индикатором ИЧ10 значение перемещения измерительной линейки за время 400 с, мм;

l - расстояние между первой и второй прорезями измерительной линейки для минимального калиброванного объема трубопровода $V_1=2$ л ($l=103$ мм).

Результаты поверки по данному параметру считают положительными, если значения относительной погрешности установки из-за протечек не превышает $\pm 0,05\%$ за время 400 с ± 1 с.

7.3.6. Определение погрешностей воспроизведения объемного расхода жидкости

Суммарную относительную погрешность воспроизведения установкой объемного расхода жидкости определяют по формуле (19):

$$\delta_Q = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_V^2 + \delta_{np}^2 + \delta_r^2} \quad (19)$$

Результаты поверки по данному параметру считать положительными, если значения относительной погрешности воспроизведения установкой объемных расходов жидкости в диапазоне расходов от 0,018 до 20 м³/ч не превышают $\pm 0,1\%$.

7.3.7. Определение погрешностей измерений частоты выходных электрических сигналов ПР

Определяют погрешность измерений частоты выходных электрических сигналов ПР в следующей последовательности:

— подключают к ИК частоты рабочий эталон (генератор сигналов специальной формы ГСС-120) по схеме, приведенной на рисунке 3;

— устанавливая с помощью рабочего эталона контрольные значения частоты: 10; 500; 1000; 10000; 20000 Гц с амплитудой 1 В измеряют частоту выходных электрических сигналов ПР, проводя при каждой частоте десятикратную регистрацию показаний ПК;

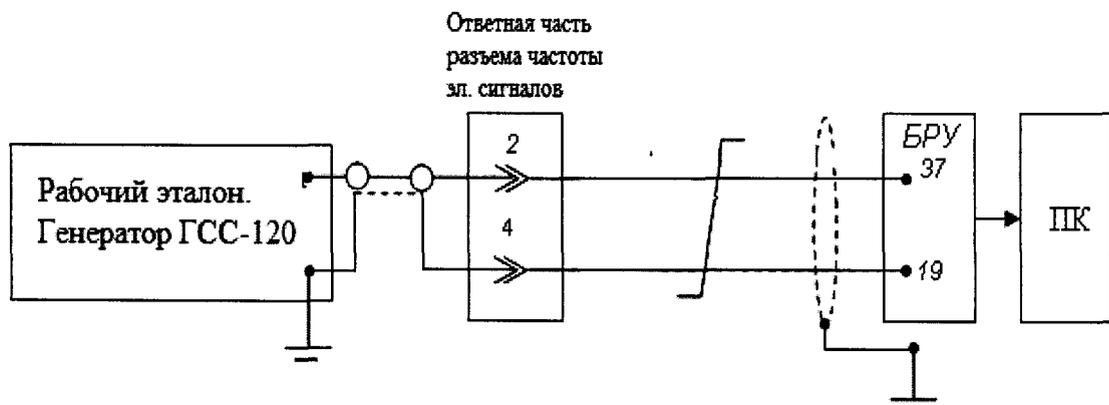


Рисунок 3 – Схема поверки ИК частоты электрических сигналов рабочим эталоном ГСС-120

— устанавливая с помощью рабочего эталона контрольные значения частоты: 10; 500; 1000; 10000; 20000 Гц с амплитудой 1 В измеряют частоту

выходных электрических сигналов ПР, проводят при каждой частоте пятикратную регистрацию показаний ПК;

– оценить суммарную относительную погрешность δ_F измерений частоты по формуле (20):

$$\delta_F = (|\Theta_F| + |\varepsilon_F|), \% \quad (20)$$

Θ_F – относительное значение НСП измерений частоты:

$$\Theta_F = \frac{100}{n \cdot F_{эм}} \cdot \sum_{i=1}^n (F_i - F_{эм}), \% \quad (21)$$

где $F_{эм}$ – эталонное значение частоты, задаваемое генератором ГСС-120, Гц;

F_i – значения частоты, регистрируемые ПК при i -том измерении, Гц;

n – количество отсчетов частоты, $n=5$;

ε_F – относительное значение ССП измерений частоты:

$$\varepsilon_F = \frac{t}{F_{эм}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - F_{эм})^2}{n-1}} \cdot 100\% \quad (22)$$

где t – коэффициент Стьюдента. $t=2,776$, при доверительной вероятности $P=0,95$ и $n=5$.

Результаты поверки по данному параметру считают положительными, если значение относительной погрешности измерений частоты выходных электрических сигналов установки в диапазонах от 10 до 20000 Гц не превышает $\pm 0,05\%$.

7.3.8. Определение погрешностей измерений напряжения и силы постоянного тока ПР

Определяют приведенные погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока ПР в следующей последовательности:

— подключают к ИК напряжения и силы постоянного тока рабочий эталон (калибратор многофункциональный 3041R) по схеме, приведенной на рисунке 4;

– устанавливая на входе ИК с помощью рабочего эталона контрольные значения воспроизводимых сигналов:

– напряжения постоянного тока 2, 4, 6, 8, 10 В;

– силы постоянного тока 1, 2, 3, 4, 5 мА;

– силы постоянного тока 4, 8, 12, 16, 20 мА,

измеряют значения выходных электрических сигналов ИК, проводя при каждом эталонном значении воспроизводимого сигнала пятикратную регистрацию показаний ПК;

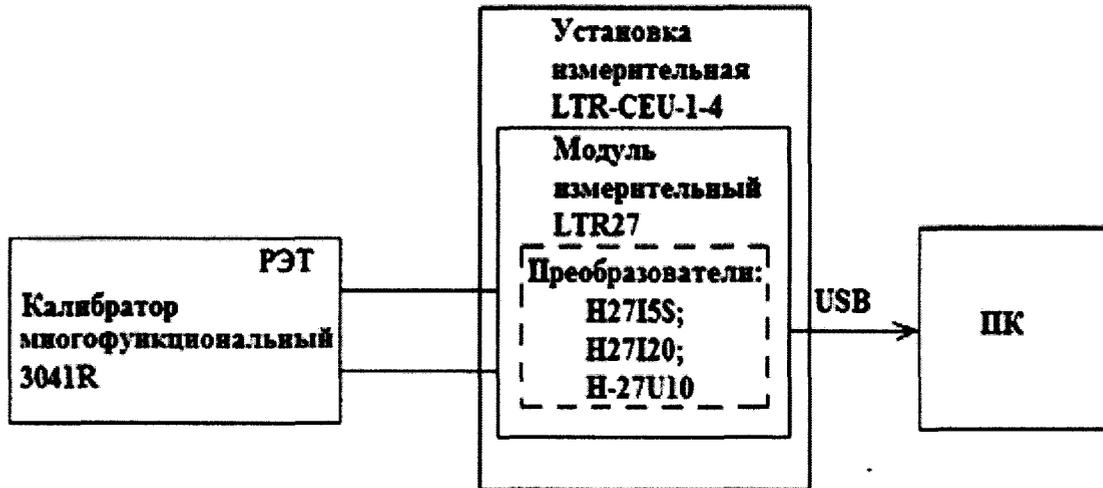


Рисунок 4 – Схема поверки ИК напряжения и силы постоянного тока ПР рабочим эталоном (калибратор многофункциональный 3041R) – оценить суммарную приведенную погрешность δ_U, δ_I измерений напряжения и силы постоянного тока:

$$\begin{aligned} \delta_U &= (|\Theta_U| + |\varepsilon_U|), \% \\ \delta_I &= (|\Theta_I| + |\varepsilon_I|), \% \end{aligned} \quad (23)$$

где Θ_U, Θ_I – приведенные значения НСП измерений напряжения и силы постоянного тока:

$$\begin{aligned} \Theta_U &= \frac{100}{n \cdot U_{ВП}} \cdot \sum_{i=1}^n (U_i - U_{эм}), \% \\ \Theta_I &= \frac{100}{n \cdot I_{ВП}} \cdot \sum_{i=1}^n (I_i - I_{эм}), \% \end{aligned} \quad (24)$$

$U_{эм}, I_{эм}$ – эталонные значения напряжения и силы постоянного тока, В, мА;

U_i, I_i – значения напряжения и силы постоянного тока, регистрируемые ПК при i -том измерении, В, мА;

$U_{ВП}, I_{ВП}$ – верхний предел измерений ИК напряжения и силы постоянного тока, В, мА;

n – количество измерений сигналов, $n=5$;

$\varepsilon_U, \varepsilon_I$ – приведенные значения ССП измерений напряжения и силы постоянного тока:

$$\begin{aligned} \varepsilon_U &= \frac{t}{U_{ВП}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - U_{ст})^2}{n-1}} \cdot 100\%, \\ \varepsilon_I &= \frac{t}{I_{ВП}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - I_{ст})^2}{n-1}} \cdot 100\%, \end{aligned} \quad (25)$$

где t – коэффициент Стьюдента. $t=2,776$ при доверительной вероятности $P=0,95$ и $n=5$.

Результаты поверки по каждому параметру считают положительными, если значения приведенных погрешностей измерений напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 10 В и силы постоянного тока в диапазонах от 0 до 5 мА и от 4 до 20 мА не превышают $\pm 0,05\%$.

7.4 Идентификация программного обеспечения

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО проводят в соответствии с руководством по эксплуатации УТП-24/2018 РЭ (Приложение А).

Убеждаются в соответствии идентификационных признаков метрологически значимой части ПО данным, указанным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	Программа испытаний преобразователей расхода
Идентификационное наименование ПО	"ETPU Programm"
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Версия 2.1
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	1565311226

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки оформляются протоколом. Форма протокола поверки приведена в Приложении №1.

8.2 Приборы, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них оформляется свидетельство о поверке в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г. и делают соответствующую запись и ставят знак поверки в формуляр. Значения калиброванных объемов установки определенные в п 7.3.1. указываются на обратной стороне свидетельства о поверке и в разделе особые отметки формуляра.

8.3 При отрицательных результатах поверки, в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г., оформляется извещение о непригодности к применению.

Начальник отдела 208 ФГУП "ВНИИМС"

Б.А. Иполитов

Научный сотрудник ФГУП "ВНИИМС"

М.Е. Чекин

Представитель ООО НТЦ "Внедрение-99"

В.Ф. Белов

Протокол № _____ от _____ г.
поверки установки трубопоршневой УТП-20 зав. № 001

1. Вид поверки.....первичная.....

2. Дата поверки.....

3. Операции поверки

- Внешний осмотр по п. 7.1. документа МП 208-085-2018 "ГСИ. Установка трубопоршневая УТП-20. Методика поверки".
- Опробование по п. 7.2. МП.
- Определение метрологических характеристик п. 7.3. МП:
- Определение калиброванных объемов установки по п. 7.3.1. МП;
- Определение погрешностей измерений времени при воспроизведении калиброванных объемов по п. 7.3.2 МП
- Определение погрешностей измерений температуры корпуса гидроцилиндра и измерительной линейки по п. 7.3.3 МП;
- Определение погрешностей воспроизведения калиброванных объемов по п. 7.3.4 МП;
- Определение погрешности установки из-за протечек жидкости через уплотнительный элемент поршня трубопровода по п. 7.3.5 МП;
- Определение погрешностей воспроизведения объемного расхода жидкости по п. 7.3.6 МП;
- Определение погрешностей измерений частоты выходных электрических сигналов преобразователей расхода (ПР) по п. 7.3.7 МП;
- Определение погрешностей измерений выходных сигналов напряжения и силы постоянного тока ПР по п. 7.3.8 МП;

3. Средства поверки

Рабочие эталоны:

- весы электронные ED-H-30: наибольший предел взвешивания (НПВ) 30кг; наименьший предел взвешивания (НмПВ) 0,05 кг; пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от НмПВ до 5000 е $\pm 0,5$ е, в диапазоне от 5000 е до 20000 е ± 1 е, свыше 20000 е $\pm 1,5$ е;
- весы лабораторные JW-1-3000: НПВ 3 кг; НмПВ 5 г; пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от НмПВ до 5000 е ± 1 е, в диапазоне от 5000 е до 20000 е ± 2 е, свыше 20000 е ± 3 е;
- частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3R: диапазон измерений временных интервалов времени от 7 нс до 7000 с, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 5 \cdot 10^{-9}$;
- генератор сигналов специальной формы ГСС-120: диапазон воспроизведения частоты от 1 мкГц до 120 МГц, пределы допускаемой абсолютной

погрешности установки частоты $\pm (5 \cdot 10^{-6} \cdot F + 1 \text{ мкГц})$, где F – измеряемая частота;

- ареометры стеклянные для нефти АНТ-1: диапазон измерений плотности от 650 до 1070 кг/м³, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 0,5 \text{ кг/м}^3$;

- индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ 10: диапазон измерений от 0 до 10 мм; кл. 1 по ГОСТ 577-68;

- термометр стеклянный лабораторный ТЛ-4м: диапазон измерений от 0 до 55 °С; цена деления 0,1 °С, где T – измеряемый интервал времени, с.

- секундомер электронный «Интеграл С-01»: диапазон измерений интервалов времени от 0 до 9 ч 59 мин 59,99с; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений интервалов времени $\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$, с, где T_x – значение измеренного интервала времени

Вспомогательные средства поверки:

- барометр –анероид метрологический БАММ-1: диапазон измерений абсолютного давления от 80 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5 \text{ кПа}$;

- измеритель влажности и температуры ИВТМ-7К: диапазон измерений влажности от 0 до 99 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений влажности $\pm 1 \%$ в диапазоне от 0 до 60% и $\pm 2,0 \%$ в диапазоне от 60 до 99 %; диапазон измерений температуры от минус 45 до плюс 120 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2 \text{ °С}$ в диапазонах от минус 20 до 60 °С, от 40 до 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,5 \text{ °С}$ в диапазоне от минус 40 до 150 °С.

- электроклапан ГА-165;

- сосуды для жидкости объемом 5 л, 25 л.

Примечание. Допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение МХ с требуемой точностью.

4. Условия проведения поверки

температура окружающего воздуха в помещении трубопоршневой установки,

°С.....

- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.).....

- относительная влажность воздуха, %.....

5. Результаты поверки

5.1. Результаты внешнего осмотра.

.....
.....

8														
9														
10														

$$V_{O^{20}}(V_2) = \dots\dots\dots \text{ л.}$$

Таблица 3. Результаты определения калиброванного объема $V_3=10$ л

Номер измерения, i	M_i г	M_{i0} г	M_{ti} г	ρ_{κ} кг/м ³	t_{Ti} °C	$t_{\kappa i}$ °C	ρ_{Ti} кг/м ³	ρ_{ν} кг/м ³	T_{mi} °C	T_{li} °C	M_{ti} г	V_{oi} л	V_{oi}^{20} л
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

$$V_{O^{20}}(V_3) = \dots\dots\dots \text{ л.}$$

Таблица 4. Результаты определения калиброванного объема $V_4=20$ л

Номер измерения, i	M_i г	M_{i0} г	M_{ti} г	ρ_{κ} кг/м ³	t_{Ti} °C	$t_{\kappa i}$ °C	ρ_{Ti} кг/м ³	ρ_{ν} кг/м ³	T_{mi} °C	T_{li} °C	M_{ti} г	V_{oi} л	V_{oi}^{20} л
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

$$V_{O^{20}}(V_4) = \dots\dots\dots \text{ л.}$$

5.3.2. Результаты определения погрешностей измерений времени при воспроизведении калиброванных объемов

Результаты приведены в таблицах 5, 6, 7, 8.

	ПК, сек.	частотомером ЧЗ-85/3R, с							$\delta_t, \%$
1									
2									
3									
4									
5									

5.3.3. Результаты определения погрешности измерений температуры корпуса гидроцилиндра и измерительной линейки

.....

5.3.4. Результаты определения погрешностей воспроизведения калиброванных объемов

Результаты определения погрешностей δ_v воспроизведения калиброванных объемов установки приведены в таблице 9.

Таблица 9

Обозначение калиброванного объёма.	Измеренное значение калиброванного объёма $V_{oi}^{20}, л$	Значения погрешностей, %					Допускаемое значение погрешности δ_v
		δ_m	$\bar{\delta}_v$	δ_{vt}	δ_p	δ_v	
V_1							
V_2							
V_3							
V_4							

5.3.5. Результаты определения погрешности установки из-за протечек жидкости через уплотнительный элемент поршня трубопровода

.....

5.3.6. Результаты определения погрешностей воспроизведения установкой объемных расходов жидкости

Результаты определения погрешностей δ_Q воспроизведения установкой объемных расходов жидкости приведены в таблице 10.

Таблица 10

Диапазон воспроизведения объемного расхода жидко- сти, м ³ /ч. (Используемый калибро- ванный объем)	Значения погрешностей, %				Пределы допускаемой относи- тельной погрешности воспроиз- ведения объемного расхода жидкости δ_Q , %
	δ_V	$\delta_{пр}$	δ_r	δ_Q	
от 0,018 до 2,0 ($V_1=2$ л)					
от 2,0 до 4,0 ($V_2=4$ л)					
от 4,0 до 10,0 ($V_3=4$ л)					
от 10,0 до 20,0 ($V_4=20$ л)					

5.3.7. Результаты определения погрешности измерений частоты электрических сигналов, соответствующей частоте выходного сигнала ПР

Результаты определения погрешности измерений частоты электрических сигналов, соответствующей частоте выходного сигнала ПР приведены в таблице 11.

Таблица 11

Номер измерения i	$F_{эт}$, Гц	F_i , Гц	Θ_F , %	ϵ_F , %	δ_F , %	Допускаемое значение погрешности δ_F , %	
1	10						
2							
3							
4							
5							
1	500						
2							
3							
4							
5							
1	1000						
2							
3							
4							
5							

Номер измерения i	$F_{эт}$, Гц	F_i , Гц	Θ_F , %	ϵ_F , %	δ_F , %	Допускаемое значение погрешности δ_F , %	
1	10000						
2							
3							

4						
5						
1	20000					
2						
3						
4						
5						

7.3.8. Результаты определения погрешностей измерений напряжения и силы постоянного тока с выхода ПР

.....

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метрологические характеристики трубопоршневой установки УТП-20 соответствуют требованиям, указанным в описании типа установки и в методике поверки МП 208-085-2018.

Поверитель ()