СЧЕТЧИКИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ
СУР-97
Руководство по эксплуатации
РЭ 407251.002-2007
(взамен РЭ 407251.002-2002)

Срок действия с 17.05.2007

Самара, 2007 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ……... 3
1. Описание и работа ……...…… 4
2. Использование по назначению ……... 13
3. Техническое обслуживание …… 23
4. Маркировка и пломбирование …… 24
5. Текущий ремонт ……... 25
6. Хранение ……... 26
7. Транспортирование ……..27
8. Комплектность ……. 28
9. Гарантии изготовителя …… 29
10. Методика поверки …… 30
11. Методика вычисления коэффициента преобразования ……..…….. 37

Приложение А. Протокол поверки СУР-97 на поверочной установке …… 46

Приложение Б. Протокол косвенного вычисления коэффициента преобразования …….. 47

Приложение В. Протокол периодической поверки счетчика СУР-97 …….. 48

Приложение Г. Свидетельство о поверке счетчика СУР-97 …….. 49

Приложение Д. Пульт поверки счетчика СУР-97 …… 50

Приложение Ж. Габаритные и установочные размеры измерительного участка …….. 55

Приложение И. Зависимость скорости распространения УЗВ в воде от температуры при атмосферном давлении ……56

Приложение К. Значения коэффициентов гидравлического трения для труб из различных материалов …….. 59

Приложение Л. Коэффициенты кинематической вязкости воды при атмосферном давлении ……... 60

Приложение М. Метрологические характеристики средств измерений, задействованных при поверке СУР……. 61

Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) предназначено для изучения принципа работы счетчика ультразвукового СУР-97 (далее - СУР) и его составных частей, технических и метрологических характеристик и других сведений, необходимых для обеспечения полного использования возможностей изделия, правильной эксплуатации и технического обслуживания.

1 Описание и работа

1.1 Назначение СУР

1.1.1 СУР предназначены для измерения объёма, объемного расхода жидкостей, движущихся в напорных и безнапорных трубопроводах в прямом и обратном направлениях.

Область применения СУР – коммерческий и технологический учет объема и объемного расхода жидкостей на предприятиях различных отраслей промышленности.

В состав СУР входит: блок электронного преобразования (ЭП), измерительный участок (ИУ), имеющий диаметр условный (Ду), от 25 до 2000 мм, кабель соединительный коаксиальный (КС). В случае, когда СУР монтируется на трубопроводе (Ду от 100 до 2000 мм), вместо ИУ в состав СУР входит установочный комплект: комплект пьезоэлектрических преобразователей (ПП), комплект патрубков и КС.

При поставке СУР без ИУ монтаж ПП осуществляется непосредственно на трубопроводе, проводятся линейно-угловые измерения ИУ в соответствии с разделом 11 РЭ, определение метрологических характеристик ЭП производится в соответствии с разделом 10 РЭ.

ИУ устанавливается с помощью фланцевых соединений в разрыв трубопровода.

ЭП служит для возбуждения пьезоэлектрических преобразователей, усиления и обработки принятых сигналов, формирования импульсов с частотой, пропорциональной расходу, сигналов выходных и для индикации измеренного объёма жидкости, расхода и времени исправной работы СУР.

ИУ представляет собой отрезок трубы с фланцами или без них (по требованию Заказчика) с установленными на нем ПП. ИУ может быть оборудован двумя или четырьмя ПП, образуя при этом один или два акустических канала соответственно.

1.1.2 Рабочие условия эксплуатации ЭП:

По степени защиты от проникновения внутрь твёрдых тел и воды ЭП имеет исполнение по группе IP65 ГОСТ 14254

- температура окружающей среды от минус 10 °С до плюс 60 °С;
- относительная влажность воздуха не более 95 % (при температуре плюс 35°С);
- ЭП устойчив к воздействию синусоидальных вибраций, в диапазоне от 5 Гц до 35 Гц с амплитудой смещения 0,35 мм.

Рабочие условия эксплуатации ИУ:

По степени защиты от проникновения внутрь твёрдых тел и воды измерительный участок имеет исполнение по группе IP68 ГОСТ 14254

- температура окружающей среды от минус 80°С до плюс 150 °С.

Характеристика контролируемой жидкости:

- температура от минус 80°С до плюс 150°С (для СУР исполнения 407251.002-01-ВТ температура от минус 80 до плюс 320°С) при условии наличия в жидкости не более 5 % объемного содержания газовых включений, механических примесей и других инородных компонентов;
- давление от 0,1 МПа до 2,5 МПа (по спецзаказу до 16 МПа);
- кинематическая вязкость от 0,1 до 50 сСт.

СУР устойчив к воздействию электромагнитных полей, напряженностью не более 40 А/м.

В СУР могут быть внесены возможные конструктивные и схемные изменения, которые не отражены в эксплуатационной документации и не меняют его технических параметров.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 СУР имеет модификации исполнения в соответствии с таблицей 1. Нижние значения расхода $Q_н$, верхние значения расхода $Q_в$, диаметры условного прохода Ду, условные давления трубопроводов $P_у$, длины ИУ, минимальные измеряемые объемы V_{min}, масса СУР в зависимости от модификации, исполнения СУР приведены в таблице 2

1.2.2 Индикация объема – цифровая восьмиразрядная (ЖК или светодиодная) с ценой единицы младшего разряда 0,01м^3, 0,1м^3, 1м^3 (в зависимости от диаметра трубопровода), с сохранением информации об измеренном объеме при отключенном питании.

В модификациях СУР 407251.002-01-С блок индикации отсутствует.

1.2.3 Индикация времени исправной работы - восьмиразрядная цифровая (ЖК или светодиодная), с ценой единицы младшего разряда 0,1 ч с сохранением значения времени при отключении питания. Время хранения информации при отключенном питании не менее 10000 часов, в модификациях СУР 407251.002-01-С блок индикации отсутствует.

1.2.4 Выходные сигналы.

1.2.4.1 Импульсный сигнал формы “меандр”, частотой пропорциональной расходу, на контакте 6 разъема КОНТРОЛЬ (рисунок 1) (импульсный выход). Используется при градуировке и поверке СУР.

1.2.4.2 Сигнал в виде замыкания цепи контактов 4 и 5 разъема ВЫХОД (рис.1) твердотельным реле на время (15-30) мс при прохождении единичного измеряемого объёма.

Электрические параметры выхода твердотельного реле:

- коммутируемое напряжение - не более 300 В постоянного тока;
- ток через реле - не более 100 мА;
- разность потенциалов между корпусом ЭП и внешней нагрузкой, подключаемой к контактам 4 и 5 разъема ВЫХОД ЭП не должна превышать 50 В.

1.2.4.3 Постоянный ток (0-5) мА, или (4-20) мА в зависимости от заказа в цепи контактов 3 и 6 разъема ВЫХОД пропорциональный расходу, в модификациях СУР 407251.002-01-С токовый выход не установлен.

1.2.4.4 Интерфейс RS 485(протокол ModBus-RTU), в модификациях СУР 407251.002-01-С интерфейс RS 485 не установлен.

1.2.4.5. Ethernet (обеспечивает подключение к локальной сети с назначенным IP адресом) протокол ModBus-TCP с возможностью передачи архива, имеется встроенный WEB интерфейс.

1.2.4.6. Радиовыход (трансляция данных об объеме – месяц, день, час, по радиоканалу 433 МГц с периодичностью 1 раз в 4 мин. на расстояние до 300 м.).

1.2.4.7. USB выход - предназначен для оперативного снятия архива на Flash накопитель.

1.2.4.8. В счетчике ведется архивация данных об объеме, времени наработки, нештатных ситуациях с временной привязкой.

1.2.4.9. В счетчике имеется токовый вход (4-20) мА для подключения датчика давления или температуры.

Таблица 1 – Модификации СУР

Обозначение модификаций	Количество каналов	Расположение ПП на ИУ	Количество задействованных ЭП
407251.002-01	1	Диаметр, 45° (36°) *	1
407251.002-02	2	Хорда, 0,5R 45° **	2

Примечания

1 * - ПП установлены в диаметральной плоскости трубопровода или ИУ (в зависимости от состава СУР), образуя при этом один акустический канал под углом 45^0 или 36^0, в зависимости от кратности измеряемых расходов, к оси трубопровода или И.У.

2 ** - ПП установлены в двух параллельных плоскостях, отстоящих от диаметральной плоскости на половину внутреннего радиуса ИУ или трубопровода (в зависимости от состава СУР), образуя при этом два акустических канала под углом 45^0 к оси трубопровода или ИУ.

В состав СУР модификации 407251.002-01 входит один ЭП, формирующий акустический канал с помощью одной пары ПП. Вывод измеренных параметров осуществляется на дисплей и выходные разъемы ЭП.

В состав СУР модификации 407251.002-02 входит ЭП с двумя работающими независимо друг от друга преобразователями расход/частота (ПРЧ), формирующие два измерительных канала (ИК) с помощью двух пар ПП. Масштабирование измеренной ПР частоты (скорости) в ИК производится в коммуникационном преобразователе (КП). Вывод измеренных параметров осуществляется на дисплей и выходные разъемы ЭП.

СУР модификации 407251.002-01 могут быть выполнены с ИУ в высокотемпературном исполнении: 407251.002-01-ВТ.

СУР модификации 407251.002-01 могут быть выполнены с ЭП в исполнении без индикатора и токового выхода: 407251.002-01-С.

Таблица 2 – Основные технические характеристики СУР

Ду, мм.	$Q_н$, $м^3/ч$	$Q_в$, $м^3/ч$	Минимальный измеряемый объем V_{min}, $м^3$	Модификация исполнения	Масса СУР, не более, кг	Длина ИУ, мм	Условное давление, МПа
25	0,1	20	10^{-4}	1, 2	10 (3*)	400	1,0 - 6,3
32	0,15	30	10^{-3}	1, 2	10 (3*)	350	1,0 - 6,3
40	0,25	50	10^{-3}	1, 2	10 (3*)	300	1,0 - 6,3
50	0,35	70	10^{-3}	1, 2	10 (3*)	300	1,0 - 6,3
65	0,65	130	10^{-3}	1, 2	12 (3*)	350	1,0 - 6,3
80	1	200	10^{-3}	1, 2	14 (3*)	350	1,0 - 6,3
100	1,5	300	10^{-3}	1, 2	20 (3*)	350	1,0 - 6,3
125	2,25	450	10^{-2}	1, 2	28 (3*)	400	1,0 - 6,3
150	3,15	630	10^{-2}	1, 2	33 (3*)	400	1,0 - 6,3
200	6	1200	10^{-2}	1, 2	48,5 (3*)	500	1,0 - 6,3
250	10	2000	10^{-2}	1, 2	58 (3*)	600	1,0 - 6,3
300	12	2500	10^{-2}	1, 2	65 (3*)	700	1,0 - 6,3
350	19	3800	10^{-2}	1, 2	3*	800	1,0 - 6,3
400	25	5000	10^{-2}	1, 2	3*	850	1,0 - 6,3
500	40	8000	10^{-2}	1, 2	3*	1000	1,0 - 6,3
600	50	10000	1	1, 2	3*	1100	1,0 - 6,3
700	75	15000	1	1, 2	3*	1200	1,0 - 6,3
800	100	20000	1	1, 2	3*	1300	1,0 - 6,3
900	125	24500	1	1, 2	3*	1400	1,0 - 6,3
1000	160	32000	1	1, 2	3*	1500	1,0 - 6,3
1200	200	40000	10	1, 2	3*	-	1,0 - 6,3
1500	400	80000	10	1, 2	3*	-	1,0 - 6,3
2000	600	120000	10	1, 2	3*	-	1,0 - 6,3

Примечания:

1 * - масса СУР без ИУ.

2 максимальное избыточное давление измеряемой жидкости в трубопроводе должно быть не более 16 МПа.

3 поставка ИУ диаметром больше 300 мм. по специальному Заказу.

4 для трубопровода Ду от 25 до 300 мм рабочее давление жидкости для ИУ определяется комплектацией фланцев

1.2.5 Метрологические характеристики.

1.2.5.1 Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объёма жидкости по частотному выходу δ_φ (далее – δ_φ), пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения объема жидкости по индикатору объёма δ_o (далее – δ_o), пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\gamma_т$ измерения расхода по токовому выходу (далее – $\gamma_т$), пределы допускаемой основной приведённой погрешности γ_Q измерения расхода по индикатору расхода (далее - γ_Q), в зависимости от модификации СУР и способа градуировки СУР, приведены в таблице 3. Пределы допускаемой основной приведённой погрешности преобразования частоты электрических импульсов в показания индикатора расхода γ_q не более ± 0,1 %, пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования частоты электрических импульсов в ток γ_a не более ± 0,1 %. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения времени исправной работы $\delta_в$ (далее - $\delta_в$) не более ± 0,2 %. Пределы допускаемой основной относительной погрешности счета числа импульсов $\delta_{ио}$ не более ± 0,05 %.

Таблица 3 - Пределы допускаемых основных погрешностей СУР.

<table>
<tr><td colspan="5">Определение метрологических характеристик СУР на поверочной проливной установке при кратностях измеряемых расходов 1:10; 1:100; 1:200</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Модификация СУР</td><td rowspan="2">Наименование параметра</td><td colspan="3">Кратность измеряемых расходов</td></tr>
<tr><td>1:10</td><td>1:100</td><td>1:200*</td></tr>
<tr><td>407251.002-01</td><td>Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объёма жидкости по частотному выходу δ_φ, %, не более
Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР измерения объема жидкости по индикатору объёма, $\delta_\circ$ %, не более
Пределы допускаемой основной приведённой погрешности СУР при измерении расхода по токовому выходу, $\gamma_т$, %, не более
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности СУР измерения расхода по индикатору расхода γ_Q, %, не более</td><td>±0,5</td><td>±1,0</td><td>±1,0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">407251.002-02</td><td>Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объёма жидкости по частотному выходу δ_φ, %, не более</td><td colspan="3">Кратность измеряемых расходов</td></tr>
<tr><td>1:10</td><td>1:100</td><td>1:200</td></tr>
<tr><td>Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР измерения объема жидкости по индикатору объёма, $\delta_\circ$ %, не более
Пределы допускаемой основной приведённой погрешности измерения расхода по токовому выходу, $\gamma_т$, %. не более
Пределы допускаемой основной приведённой погрешности СУР измерения расхода по индикатору расхода γ_Q, %, не более</td><td>±0,15</td><td>±0,5</td><td>-</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 3

Определение метрологических характеристик при калибровке СУР косвенным способом		
407251.002-01	Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объёма жидкости по частотному выходу δ_φ , %, не более Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объема жидкости по индикатору объёма, $\delta_\circ$ %, не более	±1,5
	Пределы допускаемой основной приведённой погрешности измерения расхода по токовому выходу, $\gamma_т$, %, не более Пределы допускаемой основной приведённой погрешности СУР при измерении расхода по индикатору расхода γ_Q, %, не более	
407251.002-02	Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объёма жидкости по частотному выходу δ_φ , %, не более Пределы допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерении объема жидкости по индикатору объёма, $\delta_\circ$ %, не более	±1,0
	Пределы допускаемой основной приведённой погрешности измерения расхода по токовому выходу, $\gamma_т$, %, не более Пределы допускаемой основной приведённой погрешности СУР измерения расхода по индикатору расхода γ_Q, %, не более	

Примечания

1 Верхняя граница диапазона расхода соответствует линейной скорости жидкости в трубопроводе 11 м/с.

2 При кратности расходов 1:200 (модификация СУР: 407251.002-01) применяется модификация ИУ, ПП которого установлены под углом 36^0 к оси ИУ.

1.2.5.2 Метрологические характеристики СУР не зависят от направления движения жидкости.

1.2.6 Требования к стойкости к внешним воздействиям.

1.2.6.1 Пределы допускаемых дополнительных погрешностей δ_φ, $\delta_в$; $\delta_{ио}$; $\gamma_а$; $\delta_о$; γ_q; $\gamma_т$, γ_Q за счет поочередного действия внешних воздействующих факторов, соответствующих условиям эксплуатации (изменение температуры контролируемой жидкости от температуры жидкости, при которой проводилась определение коэффициента преобразования СУР на 50 °С; изменение температуры окружающего воздуха от минус 10 до плюс 60 ^{0}С; при повышенной влажности окружающего воздуха до 95 % при температуре 35 °С; при изменении напряжение электропитания СУР от 187 до 242 В; после воздействия вибрации от 5 до 35 Гц с амплитудой смещения 0,35 мм; при изменении вязкости контролируемой жидкости от 0,1 до 50 сСт) не превышают 0,35 пределов допускаемых основных погрешностей δ_φ, $\delta_в$; $\delta_{ио}$; $\gamma_а$; $\delta_о$; γ_q; $\gamma_т$, γ_Q соответственно.

1.2.6.2 СУР устойчив к воздействиям соответствующим условиям транспортирования по ГОСТ 12997 (воздействие повышенной температуры плюс 50 ^{0}С, воздействие

пониженной температуры минус 50 ^{0}С, воздействие повышенной влажности 95% при 35 ^{0}С, воздействие вибрации от 5 до 35 Гц с амплитудой смещения 0,35 мм.).

1.2.7 Требования к электромагнитной совместимости.

1.2.7.1 Устойчивость составных частей к различным помехам и изменению параметров сети по ГОСТ Р 51317.

1.2.8 Электропитание СУР может осуществляется (в зависимости от требования) от:

а. сети переменного тока напряжением от 187 до242 В, частотой (50±1) Гц.,

б. сети переменного тока напряжением (12±1) В, частотой (50±1) Гц.,

в. сети постоянного тока напряжением (12±1) В.

1.2.9 Электрическая мощность, потребляемая СУР, не более 5 ВА.

1.2.10 Габаритные размеры ЭП - 283х120х64 мм.

Габаритные размеры ИУ согласно таблице Ж1 (приложение Ж).

Масса ЭП не более 1,5 кг.

Масса СУР согласно таблице 2.

1.2.11 Вероятность безотказной работы СУР за время 50000 ч составляет не менее 0,98.

1.2.12 Срок службы СУР - не менее 12 лет.

1.2.13 Режимы работы СУР

СУР имеет следующие режимы работы:

1 режим измерения объемного расхода жидкости в трубопроводе;
2 режим измерения объема жидкости прошедшего через ИУ в прямом напр.;
3 режим измерения объема жидкости прошедшего через ИУ в обратном напр.;
4 режим счета времени исправной работы;
5 режим индикации уровня сигнала;
6 режим индикации текущего времени и даты;
7 режим индикации коэффициента преобразования.

1.2.14 Обозначение СУР при заказе:

СУР-97 X – XXXXX – XXXX – XXXX – XXXX – XX – XX – X - X – X – X

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1 – номер модификации, согласно таблице 1;
2 – диаметр условного прохода Ду, м;
3 – условное давление Ру, МПа.;
4 – пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения объёма жидкости δ_o, согласно таблице 3;
5 – вариант исполнения токового выхода: 0000 – нет, 0001 – (0-5) мА, 0002 – (4-20) мА;
6 – наличие интерфейсного выхода: 0 – нет, 1 – да;
7 – наличие архивации данных: 0 – нет, 1 – да;
8 – наличие сетевого выхода Ethernet: 0 – нет, 1 – да;
9 – наличие USB выхода: 0 – нет, 1 – да;
10 – наличие токового входа для подключения датчика температуры или давления: 0 – нет, 1Т (или 1Д) – да;
11 – присоединение: Ф - фланцевое, В – вварное, Р – резьбовое, 0 – без ИУ;
12 – длина кабеля соединительного, м.;
13 – наличие ответных фланцев и крепежа: 0 – нет, 1 – да.

Пример оформления СУР при заказе:
СУР-97 1-00150-0001-0001-0001-00-01-1Т-В-25-1.
Номер модификации - 1: одноканальный СУР.
Диаметр условного прохода - 00150: 150 мм.
Условное давление - 0001: 1 МПа.
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения расхода - 0001: ±1%.
Токовый выход - 0001: 0-5 мА.
Наличие интерфейсного выхода - 0: нет.
Наличие архивации данных - 0: нет.
Наличие сетевого выхода Ethernet – 0: нет.
Наличие USB выхода -1: да.
Наличие токового входа для подключения датчика температуры или давления – 1Т: да, температура.
Присоединение – В: вварное.
Длина кабеля соединительного – 25: 25 м.
Наличие ответных фланцев и крепежа – 1: да.

1.3 Устройство и работа

1.3.1 Принцип действия СУР

СУР является одно или двухканальным устройством в зависимости от модификации.

Принцип действия СУР основан на измерении скорости распространения звукового сигнала в контролируемой среде по потоку и против потока. Скорость жидкости вычисляется как разность времени распространения ультразвукового сигнала.

В СУР реализована высокоточная цифро-аналоговая система фазовой подстройки частоты с прямым преобразованием аналоговой информации о времени распространения ультразвукового сигнала по и против потока в частоту без промежуточных вычислительных устройств. Система работает в реальном масштабе времени. Выходная частота преобразователя скорость-частота пропорциональна скорости жидкости.

Двухканальный СУР отличается от одноканального СУР наличием независимого канала вычисления скорости жидкости, подключенным к «мастер»- СУР через частотный выход.

1.3.2 Устройство СУР.

Схема соединений СУР представлена на рисунке 1.

С двух сторон измерительного участка ИУ, включенного в трубопровод диаметром Ду, по которому движется жидкость со скоростью V, установлены пьезоэлектрические преобразователи ПП1 и ПП2 под углом α к оси трубопровода. Двумя кабелями высокой частоты преобразователи соединены с разъемами “ПП1” и “ПП2” ЭП. Через эти разъемы с ЭП на преобразователи поочередно поступают зондирующие импульсы, а с преобразователей на ЭП - сигналы от прошедших через жидкость зондирующих импульсов.

1.3.3 Работа СУР

1.3.3.1 Разностная частота определяется по формуле

$$F_{см} = \frac{F_{Г1} - F_{Г2}}{2} = \frac{Q \cdot \varphi}{3600} = \frac{K \cdot V \cdot \sin 2\alpha}{2Д} \qquad (1)$$

где $F_{Г1}$, $F_{Г2}$ – частоты генераторов Г1 и Г2, соответственно, Гц;

Q – значение расхода, $м^3/ч$;

φ - коэффициент преобразования, $имп/м^3$;

V – скорость жидкости, м/с;

α - угол между осью трубопровода и направлением распространения ультразвука, град.;

Д – внутренний диаметр трубопровода.

Таким образом, разностная частота $F_{см}$ линейно зависит от скорости жидкости в трубопроводе и не зависит от скорости ультразвука в контролируемой жидкости, а значит и не зависит от изменения ее физических свойств.

1.3.3.2 На лицевой панели СУР расположен многофункциональный индикатор РЕЖИМ. Выбор индикации измеряемого параметра производится сенсорной кнопкой РЕЖИМ. Последовательно нажимая сенсорную кнопку РЕЖИМ устанавливают индикацию расхода, объёма жидкости, времени исправной работы счетчика, уровня сигнала, текущего времени и даты при этом на дисплее появляется информация об отображаемом параметре.

РАСХОД, ОБЪЕМ, ВРЕМЯ - выбор индицируемого параметра осуществляется сенсорной кнопкой РЕЖИМ.

Коэффициент преобразования СУР высвечивается при включении электропитания СУР.

Зелёное свечение индикатора РЕЖИМ - исправная работа СУР.

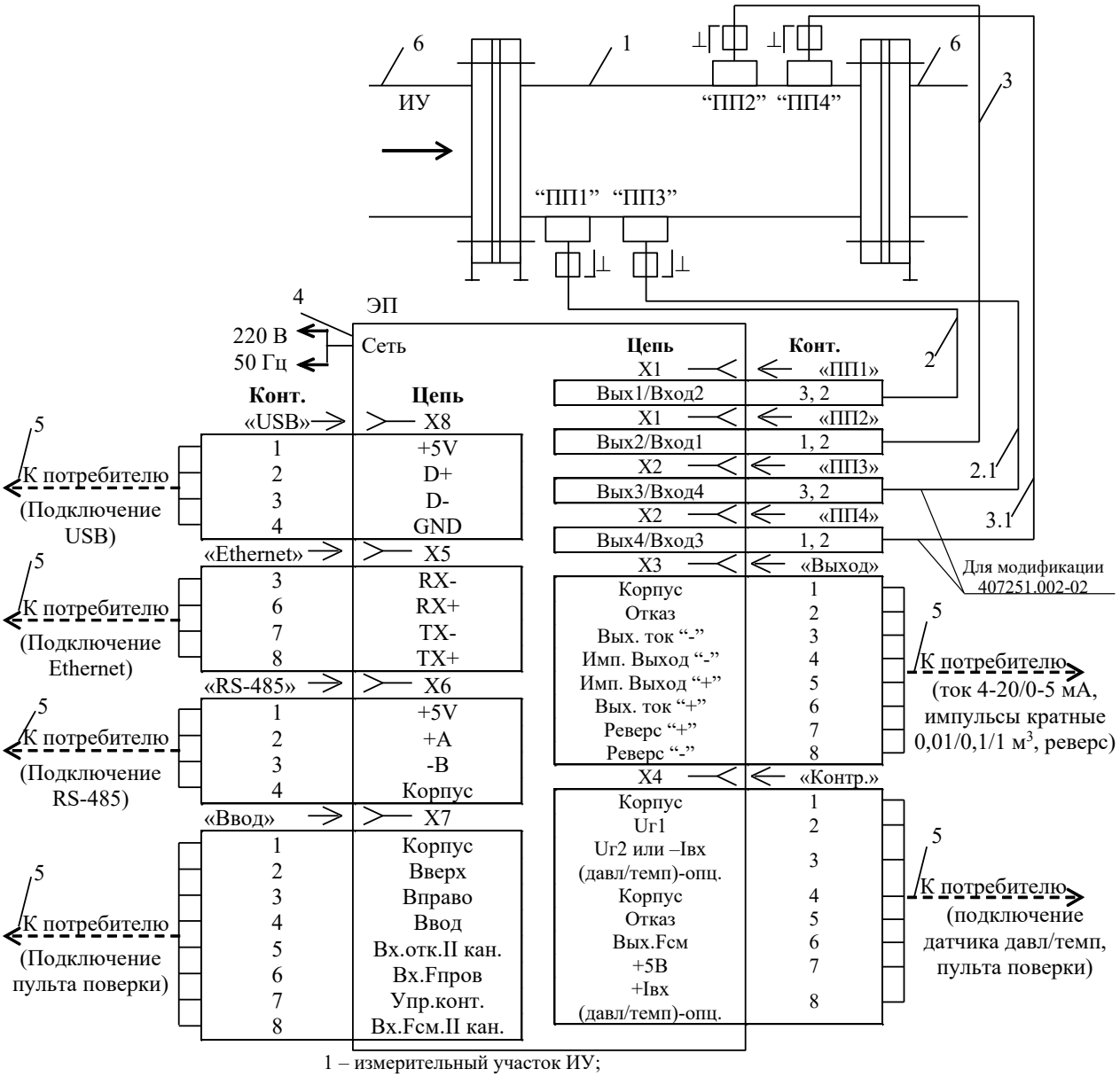
Красное свечение индикатора РЕЖИМ – неисправность СУР.

Индикатор РЕЖИМ прерывает зелёное свечение в моменты прохождения выходных импульсов соответствующих единичному измеряемому объёму: эквивалентного 1 м^3, 0,1 м^3, 0,01 м^3, 0,хххххх на выходе СУР.

При слабом сигнале с ПП индикатор РЕЖИМ прерывает зелёное свечение красным цветом в такт прохождения выходного импульса эквивалентного 1 м^3, 0,1 м^3, 0,01 м^3, 0,хххххх на выходе СУР.

1.3.4 Маркировка и пломбирование СУР осуществляется предприятием-изготовителем, при этом каждый СУР входящий в состав двухканального маркируется и пломбируется отдельно, а в паспорте на двухканальный СУР указываются номера составных СУР через дробь, например № мастер счетчика/№ счетчика, установленного в дополнительном канале.

1.3.5 Упаковка СУР в оригинальной таре.



1 – измерительный участок ИУ;
2, 3, 2.1, 3.1 – кабель в.ч.;
4 – блок ЭП;
5 – кабель к потребителю;
6 – трубопровод.

Рисунок 1 - Схема электрическая соединений СУР

1.4 Устройство и работа составных частей

1.4.1 Устройство ИУ.

ИУ представляет собой отрезок трубы с присоединительными фланцами или без них и двумя приваренными патрубками, в которые устанавливаются ПП1 и ПП2.

В двухканальном ИУ, ПП установлены в двух параллельных плоскостях отстоящих от диаметральной на половину внутреннего радиуса ИУ под углом 45^0 к оси трубопровода.

Конструкция ПП герметична.

ВНИМАНИЕ: ИСПОЛЬЗУЕТСЯ МАСЛОНАПОЛНЕННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ПП.

КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАГРЕВАТЬ ПП ДО ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫШЕ 250^0С (ПРОИЗВОДИТЬ СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ НА ИУ).

Присоединение ПП к ЭП через разъём, установленный на ИУ кабелем соединительным со смонтированными ответными присоединительными разъёмами.

1.4.2 Состав ЭП.

Состав ЭП приведен в таблице 4.

Таблица 4 – состав ЭП

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
468152.001	Линейка ПРЧ	1(2)	2 шт. - для мод.407251.002-02
436714.002	Линейка ПЧТ	1	
436714.003	Линейка СПН	1	Совмещена с линейкой ПРЧ
	Панель индикаторная	1	

Линейка преобразователя расход/частота (ПРЧ) осуществляет преобразование скорости движения жидкости в ИУ в импульсный сигнал с частотой, пропорциональной расходу жидкости, а также формирует сигналы о состоянии СУР.

Линейка источника питающих напряжений (СПН) совместно с трансформатором T_p обеспечивает ЭП всеми необходимыми напряжениями.

Линейка преобразователя частота/ток (ПЧТ) обеспечивает:

- деление частоты сигнала с выхода смесителя (СМ) с коэффициентом деления, соответствующим значению выходных импульсов 0,1 $м^3$, 1 $м^3$, 10 $м^3$, или 100 $м^3$ жидкости, прошедшей по трубопроводу,
- преобразование частоты сигнала с СМ в ток (4-20) мА, (0-5) мА, в зависимости от заказа,
- гальваническую развязку выходных сигналов с корпусом ЭП.

Индикаторная панель выполняет следующие функции:

- индикацию расхода, времени работы в исправном состоянии, объёма, уровня сигнала, текущего времени и даты.
- индикацию режимов работы СУР.

Конструктивно ЭП выполнен в настенном исполнении.

Внешний вид ЭП 407251.002-01 представлен на рисунке 2а.

Внешний вид ЭП 407251.002-01-С представлен на рисунке 2б.

2 Использование по назначению

СУР является сложным электронным устройством, поэтому требует квалифицированного обращения в точном соответствии с требованиями и рекомендациями технического описания и инструкции по эксплуатации.

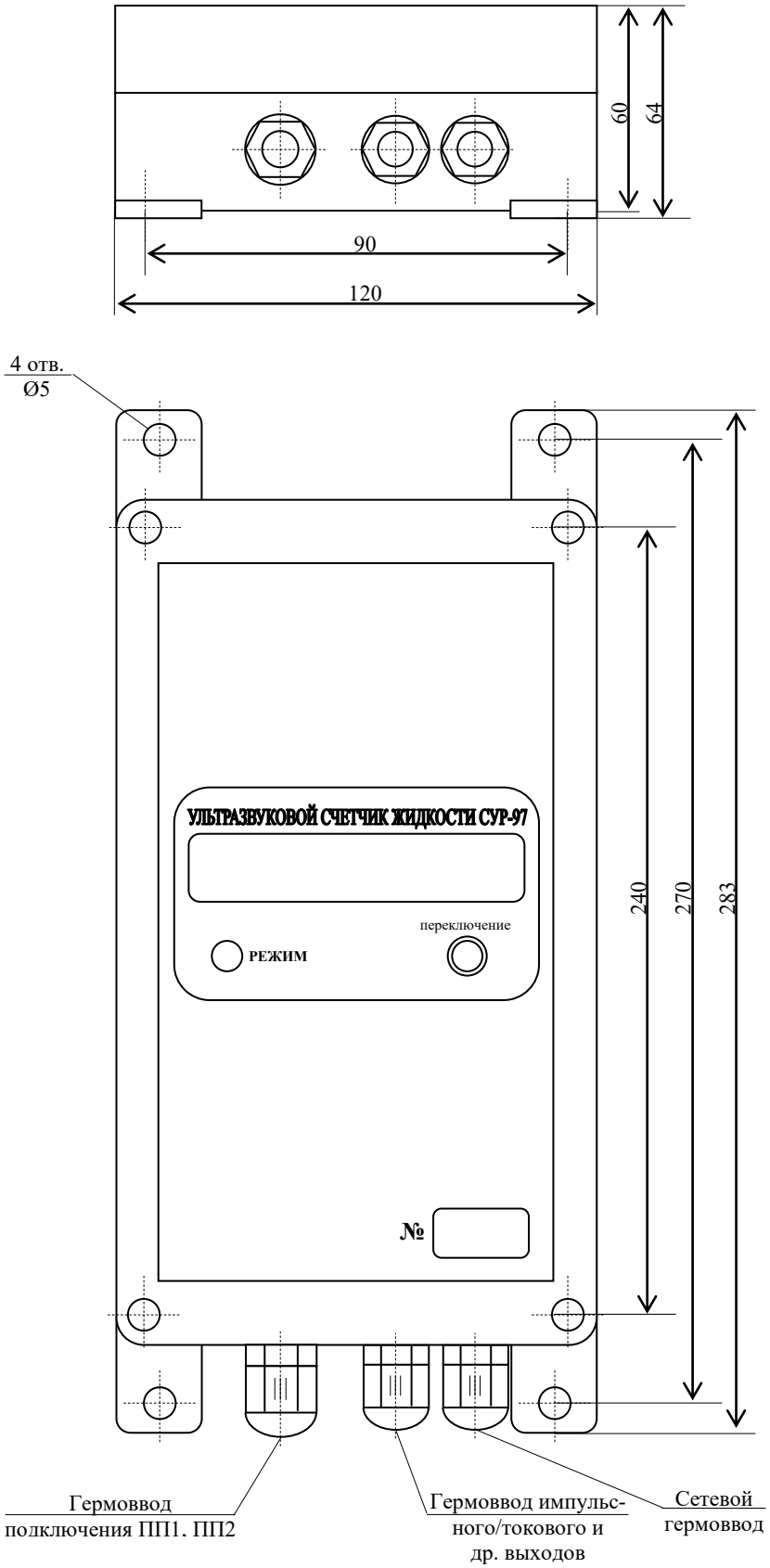


Рисунок 2а - Внешний вид ЭП (габариты, установочные размеры)

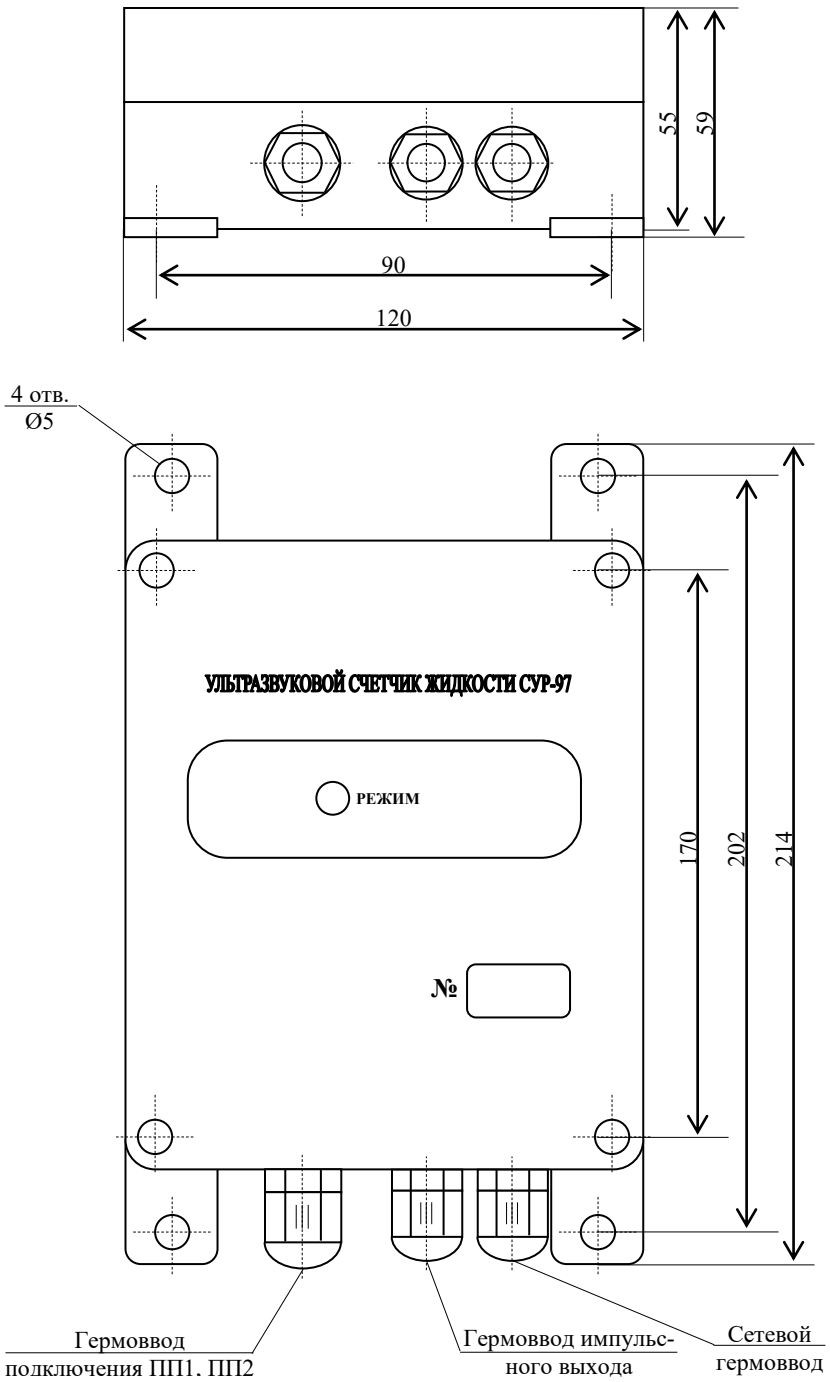


Рисунок 2б - Внешний вид ЭП без индикации (габариты, установочные размеры)

2.1 Подготовка к использованию

2.1.1 Указание мер безопасности

2.1.1.1 Источниками опасности при испытании, монтаже и эксплуатации СУР являются электрический ток и измеряемая среда, находящаяся под давлением в трубопроводе.

2.1.1.2 По способу защиты человека от поражения электрическим током СУР относятся к классу 00 по ГОСТ 12.2.007.0.

2.1.1.3 Монтаж и демонтаж СУР должны производиться в соответствии с правилами безопасного ведения работ, соответствующими категории данного трубопровода.

2.1.1.4 При испытании ИУ на герметичность и прочность должны соблюдаться требования безопасности по ГОСТ 24054.

2.1.1.5 Замена, присоединение и отсоединение ИУ от трубопроводной магистрали должно производиться при полном отсутствии внутреннего давления.

2.1.1.6 Пуско-наладочные работы должны производиться специализированными монтажными бригадами.

Монтаж, пуск СУР должны осуществляться лицами, допущенными к работе с установками до 1000 В.

2.1.1.7 При работе с измерительными приборами должны соблюдаться требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и инструкциях по эксплуатации применяемых приборов.

2.1.1.8 Устранение дефектов ЭП должно производиться при отключенном электрическом питании.

2.1.1.9 Эксплуатация СУР должна производиться в соответствии с требованиями гл. 3.4. «Правил эксплуатации электроустановок потребителей», а также других инструкций, действующих в данной отрасли промышленности.

2.1.1.10 При эксплуатации СУР должны подвергаться систематическому внешнему и периодическому осмотрам. При внешнем осмотре ЭБ необходимо проверить:

- надёжность подключения кабеля;
- прочность крепления ЭБ;
- отсутствие вмятин, видимых повреждений корпуса СУР.

Эксплуатация СУР с повреждениями и неисправностями категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

Периодичность профилактических осмотров – не реже 2-х раз в год.

2.1.2 Объем и последовательность внешнего осмотра

2.1.2.1 При внешнем осмотре ЭП и ИУ после распаковки проверяют их на отсутствие механических повреждений, на наличие заводских пломб.

2.1.2.2 При проведении профилактических работ обращается внимание на отсутствие внешних повреждений, наличие и четкость надписей, наличие пломб, надежность присоединения кабелей, прочность крепления.

2.1.2.3 При обнаружении неисправностей дальнейшая эксплуатация СУР запрещается до устранения неисправностей.

2.1.2.4 Проверка комплектности.

Комплектность СУР перед установкой на месте эксплуатации проверяется согласно разделу 8 настоящего РЭ.

2.2 Порядок установки и монтажа

2.2.1 При монтаже СУР необходимо руководствоваться настоящими РЭ, ПТБ, ПУЭ и другими документами, действующими в данной отрасли промышленности.

2.2.2 Выбрать место для установки ИУ исходя из условия:

длина прямого участка в зависимости от вида местного сопротивления должна соответствовать табл.5;

Таблица 5 –Длина прямого участка до места расположения ПП1

Вид устройства, искажающего поток	Конфузор, колено в горизонталь-ной плоскости	Тройник в горизонталь-ной плоскости	Диффузор, полностью открытая задвижка.	Насос
Длина прямолинейного участка не менее ДУ для продуктопроводов диметром до:				
• до 100 мм. включительно, не менее, Ду	10	10	10	20
• от 100 до 2000 мм. включительно, не менее, Ду	10	15	15	50

Примечание

1. для СУР модификации 407251.002-02 длина прямолинейного участка до места расположения ПП1 для всех видов устройств искажающих поток 10 ·Ду, после насоса – 20 ·Ду.

2. длина прямолинейного участка после места расположения ПП2 не менее 5 ·Ду.

3. прямолинейные участки для СУР Ду25, выполненных по U-образной схеме не требуются.

Трубопровод может иметь незначительную коррозию. При сильно коррозированном трубопроводе погрешности СУР не нормируются.

2.2.3 Вырезать участок трубопровода для установки ИУ. Установить ответные фланцы так, чтобы обеспечивался свободный монтаж и демонтаж ИУ. Для вварного исполнения ИУ фланцы не используются.

Установка фильтров перед ИУ не требуется, т.к. ИУ полнопроходной и в нем нет механически-движущихся элементов.

При монтаже ИУ на горизонтальном водоводе, ПП рекомендуется располагать в горизонтальной плоскости.

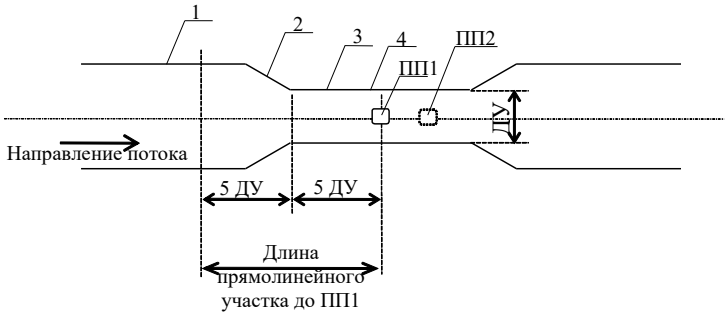
ИУ может устанавливаться на вертикальном водоводе.

Погрешность счётчика не зависит от ориентации измерительного участка относительно горизонта.

Отклонение внутреннего диаметра трубопровода от внутреннего диаметра ИУ не должно превышать 1%.

При большем отклонении необходимо делать конусный переход, до места расположения ПП1, с конусностью не более 15 градусов. В этом случае **прямолинейным участком считать длину трубопровода в условных диаметрах приведенную к диаметру измерительного участка** (включая трубопровод большего диаметра), конусный переход, трубопровод рабочего диаметра - измерительный участок до первого датчика по потоку.

Трубопроводы должны быть расположены соосно симметрично (см. рисунок 3).



1 - Продуктоповод большего диаметра
2 - Симметричный переход
3 - Продуктопровод меньшего диаметра
4 - Измерительный участок счётчика СУР-97

Рисунок 3 – Схема установки ИУ в трубопровод с использованием симметричного конусного перехода

2.2.4 Установить ИУ в трубопровод так, чтобы направление потока совпадало со стрелкой на ИУ.

ПРИ УСТАНОВКЕ ИУ В ТРУБОПРОВОД НЕСООСНОСТЬ ИУ И ТРУБОПРОВОДА НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ 0,1 ДУ.

НЕ ДОПУСКАЕТСЯ СМЕЩЕНИЕ ПРОКЛАДОК ВНУТРЬ ТРУБОПРОВОДА.

ИУ должен быть полностью заполнен жидкостью.

На трубопроводе необходимо предусмотреть устройство для освобождения трубопровода от жидкости в месте установки ИУ.

2.2.5 Подготовить место для установки ЭП. При установке ЭП в щите вырезать окно по внешним габаритам верхней крышки и просверлить четыре отверстия в соответствии с рисунком 2. Закрепить ЭП на щите винтами.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ: Устанавливать ЭП ближе 2 м от электродвигателей и регуляторов с напряжением более 220/380 В.

2.2.6 Соединительные кабели от ИУ к ЭП прокладывают в металлических или пластиковых рукавах, трубах или другим образом, исключающим их механическое повреждение в процессе эксплуатации.

При установке двух и более СУР СК к каждому из них допустимо прокладывать в общих металлических или пластиковых рукавах, трубах.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ: Прокладывать соединительные кабели совместно с силовыми кабелями.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ: Обрезать излишки кабеля при прокладывании линии связи.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ: Обваривать патрубки со вставленными ПП (опасно).

2.2.7 Подключить СК к ПП и к ЭП (рисунок 1).

2.2.8 При правильном подключении СУР светодиодный индикатор РЕЖИМ выдаёт индикацию зелёного цвета. Табло жидкокристаллического индикатора индицирует текущий расход ($м^3$/ч), объём ($м^3$), время наработки (ч), уровень сигнала (%), текущее время и дату в зависимости от выбранного индицируемого параметра кнопкой РЕЖИМ. В момент прохождения через трубопровод объёма кратного объему, указанному в паспорте (цена импульса на выходе СУР), зелёный индикатор прерывает свечение на (30-50) мс в такт выходному сигналу на контактах 4, 5 разъёма ВЫХОД.

2.3 Методика измерений

2.3.1 СУР поставляется готовым к эксплуатации, и не требует наладочных работ, после включения в сеть индикатор «РЕЖИМ» отображает состояние счетчика. СУР ведёт

счёт количества жидкости, счёт времени наработки, вычисляет расход жидкости, выбор индицируемого параметра осуществляет оператор кнопкой «РЕЖИМ».

2.3.2 Светодиодный индикатор (РЕЖИМ) встроенного самоконтроля и состояния счетчика отображает состояние:

1 СУР исправен – индикатор «РЕЖИМ» горит зелёным цветом;

2 СУР неисправен – индикатор «РЕЖИМ» горит красным цветом;

3 СУР исправен, идёт расход – зелёное свечение индикатора «РЕЖИМ» прерывается в момент прохождения единичного измеряемого объёма, кратного указанного в паспорте (цена импульса на выходе СУР);

4 СУР исправен, датчики загрязнены – зелёное свечение индикатора «РЕЖИМ» прерывается красным свечением в момент прохождения единичного измеряемого объёма, кратного указанного в паспорте (цена импульса на выходе СУР).

Индикация состояния СУР происходит автоматически при включении счетчика СУР и в процессе его работы.

2.3.3 Цифровой индикатор СУР имеет следующие режимы работы:

1а режим счёта объёма жидкости протекающей через ИУ в прямом направлении;

1б режим счёта объёма жидкости протекающей через ИУ в реверсивном направлении (объем указывается со знаком минус);

2 режим счёта времени исправной работы СУР;

3а режим индикации мгновенного расхода жидкости в прямом направлении;

3б режим индикации мгновенного расхода жидкости в реверсивном направлении (расход указывается со знаком минус);

4 режим индикации коэффициента преобразования;

5. режим индикации уровня сигнала;

6. режим индикации текущего времени и даты;

7. режим индикации давления или температуры (опция).

Перебор индицируемого параметра осуществляется с помощью сенсорной кнопки «РЕЖИМ», расположенной на передней панели счетчика.

При каждом включении СУР в сеть производится индикация коэффициента преобразования СУР на цифровом индикаторе.

Индикация коэффициента преобразования осуществляется для контроля и сличения с записанным в паспорте.

В счетчике нет возможности незаметно исправить настройки.

При включении счетчика в сеть высвечивается единственный параметр связывающий показания счетчика с характеристиками измерительного участка – коэффициент преобразования, записанный в паспорте на счетчик.

Происхождение коэффициента преобразования отражено в паспорте на счетчик – протокол безжидкостной градуировки счетчика или протокол калибровки счетчика на поверочной установке.

Для того чтобы оперативно убедиться в работоспособности счетчика необходимо:

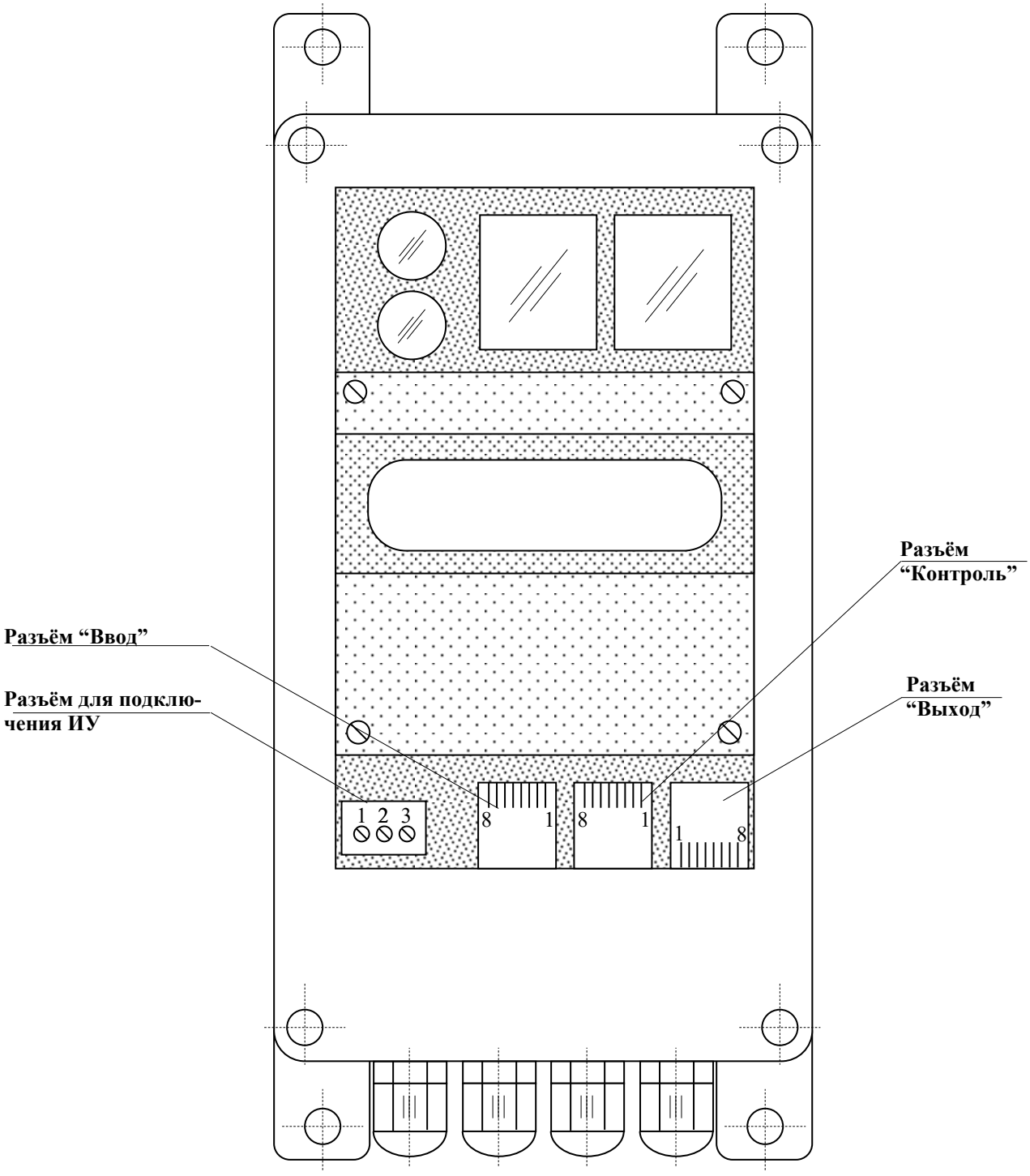
1. Счетчик не должен иметь внешних следов повреждений и разрывов в линии связи, соединяющей измерительный участок и электронный преобразователь.
2. Включить счетчик в сеть, записать коэффициент преобразования, который будет индицироваться с индексом «F».
3. Сравнить высветившийся коэффициент преобразования с записанным в паспорте. Отличаться от может в10 или 100 раз в зависимости от веса выходного импульса.

4. Остановить движение жидкости в измерительном участке перекрыв задвижку. Убедиться, что индикатор расхода показывает «0».
5. Открыть водовод, убедиться в промаргивании индикатора объем в такт изменения последнего разряда на цифровом индикаторе «Объем». Светодиодный индикатор не должен гореть красным цветом.

При выполнении указанных условий, счетчик можно считать работоспособным и соответствующим ТУ на счетчик.

2.3.4 Внешние устройства подсоединяются через разъём «ВЫХОД».
Нумерация и наименование контакта разъёма указаны на рисунке 4а, 4б.

2.3.5. Передача фискального архива на персональный компьютер осуществляется по интерфейсу 485 посредством кабеля, подсоединяемого к разъему ввод счетчика СУР-97. Кабель и программное обеспечение поставляется по требованию.



Разъём “Выход”

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	Отказ
3	-*I* вых.
4	Имп. выход -
5	Имп. выход +
6	+*I* вых.
7	Реверс
8	Вых. Fсм.

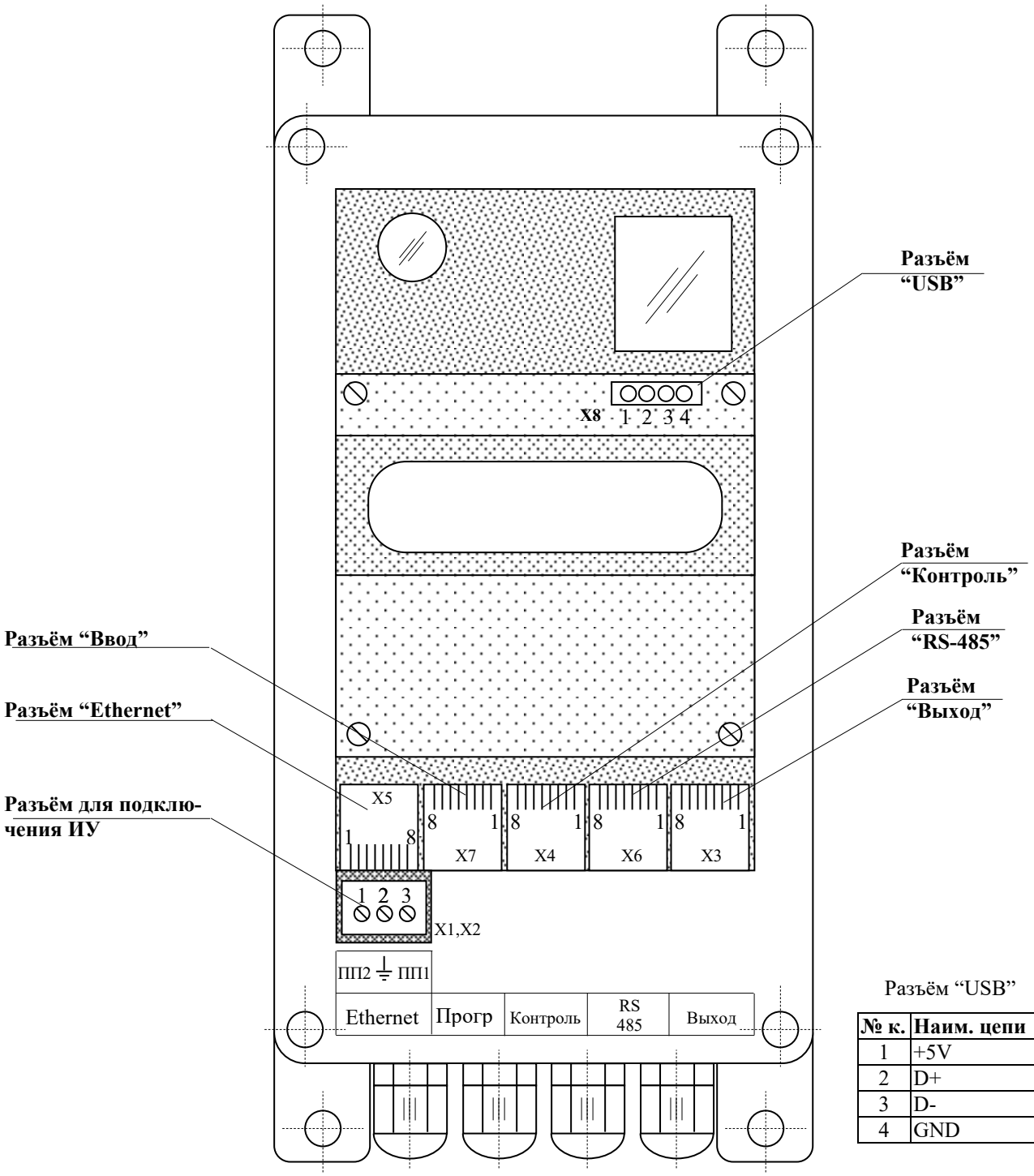
Разъём “Контроль”

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	Иг1
3	Иг2
4	Корпус
5	Вх. Fпров
6	Вых. Fсм
7	+5V
8	Упр.конт

Разъём “Ввод”

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	↑
3	→
4	Ввод
5	
6	
7	
8	

Рисунок 4а - Внешний вид ЭП со снятой крышкой



Разъём "USB"

№ к.	Наим. цепи
1	+5V
2	D+
3	D-
4	GND

Разъём "Ethernet"

№ к.	Наим. цепи
1	
2	
3	RX-
4	
5	
6	RX+
7	TX-
8	TX+

Разъём "Ввод"

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	↑
3	→
4	Ввод
5	Вх. отк. II кан.
6	Вх. Fпров
7	Упр. конт.
8	Вх. Fсм II кан

Разъём "Контроль"

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	Иг1
3	Иг2 или -Iвх (давл/темп)-опц.
4	Корпус
5	Отказ
6	Вых. Fсм
7	+5V
8	+Iвх (давл/темп)-опц.

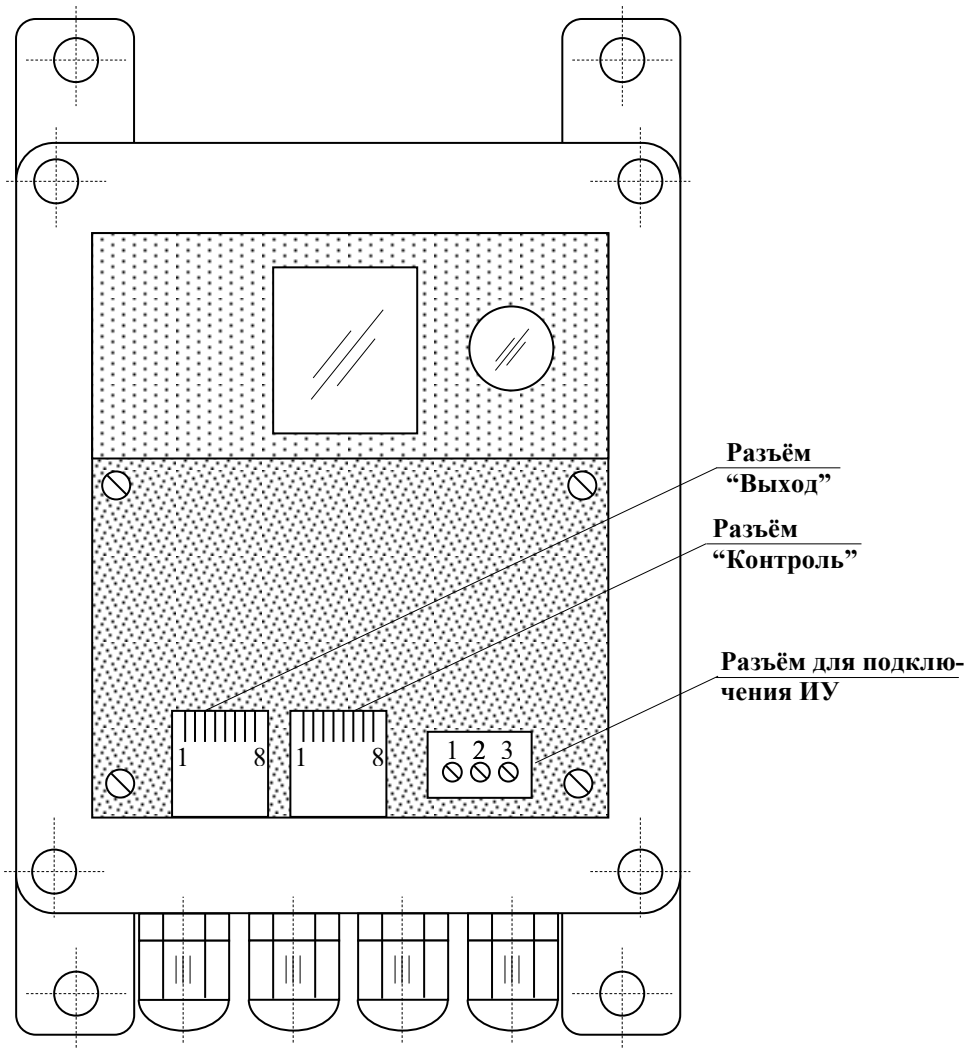
Разъём "RS-485"

№ к.	Наим. цепи
1	+5V
2	+A
3	-B
4	Корпус
5	
6	
7	
8	

Разъём "Выход" (гальв. развязанный)

№ к.	Наим. цепи
1	
2	
3	-*I* вых.
4	Имп. выход -
5	Имп. выход +
6	+*I* вых.
7	Реверс +
8	Реверс -

Рисунок 4а - Внешний вид ЭП модификации 2012 года со снятой крышкой



Разъём “Выход”

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	Отказ
3	-*I* вых.
4	Имп. выход -
5	Имп. выход +
6	+*I* вых.
7	Реверс
8	Вых. Fсм.

Разъём “Контроль”

№ к.	Наим. цепи
1	Корпус
2	Иг1
3	Иг2
4	Корпус
5	
6	
7	+5V
8	

Рисунок 4б - Внешний вид ЭП без индикации со снятой крышкой

3 Техническое обслуживание

3.1 Техническое обслуживание при хранении.

Техническое обслуживание при хранении включает в себя учёт времени хранения и соблюдения правил хранения.

3.2 Техническое обслуживание при эксплуатации

Техническое обслуживание при эксплуатации производится в соответствии с требованиями правил эксплуатации электроустановок потребителей.

Для обеспечения нормального функционирования СУР периодически проводят регламентные работы. Содержание регламентных работ, и их периодичность приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Содержание регламентных работ.

Содержание производимых работ	Периодичность	Продолжительность
1. Проверка герметичности соединения фланцев. В случае необходимости крепёжные болты затягивают.	2 раза в год	30 минут
2. Очистка отложений на внутренней стенке ИУ и прямых участках водовода	По мере необходимости	-

3.3 В процессе эксплуатации отложения на внутренней стенке продуктопровода изменяют метрологические характеристики СУР. Очистка ИУ от отложений должна производиться эксплуатирующей организацией по отдельному графику и не связана с гарантиями производителя в части межповерочного интервала. Метрологические характеристики ИУ остаются стабильными на весь срок эксплуатации.

4 Маркировка и пломбирование

4.1 На лицевой панели ЭП наносят маркировки:

- заводской номер (год изготовления, маркируется двумя последними цифрами в заводском номере ЭП);
- СЧЕТЧИК УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СУР-97 - наименование прибора на ЭП;
- РЕЖИМ - светодиодный индикатор, сигнализирующий о состоянии СУР;
- ОБЪЕМ, ВРЕМЯ НАРАБОТКИ, РАСХОД, УРОВЕНЬ СИГНАЛА – универсальный, цифровой индикатор объема, времени исправной работы, расхода и уровня сигнала.

4.2 На внутренней панели «фальш платы» ЭП нанесено:

- ПП1, ПП2 - разъемы для подключения соединительных кабелей;
- ВЫХОД - разъем для подключения внешней нагрузки;

4.3 На внешней панели ЭП нанесено:

- 220 В, 50 Гц - ввод кабеля питания.

4.4 На корпусе ИУ должна быть нанесена маркировка:

$\rightarrow$ - направление потока;

"1", "2" - маркировка патрубков.

На маркировочной табличке, укрепленной на ИУ нанесено:

- ИУ - условное обозначение;
- Ду - диаметр условного прохода, мм;
- P_{max} - максимальное рабочее давление, МПа;
- заводской номер;
- дата изготовления;
- QR-код с ссылкой на сайт производителя с подробным описанием ИУ (с 01.01.2023 г.);
- ГИ - знак проведения гидравлических испытаний.

4.5 Бирки, предназначенные для маркировки соединительных кабелей, содержат номера “1” и “2”.

4.6. При необходимости, пломбирование ЭП осуществляется наклеиванием разрушающейся наклейки на корпус ЭП в месте соединения элементов корпуса. Пломбирование мест соединений ПП с линией связи СУР осуществляется установкой номерных пломб поверх силиконового уплотнения разъема. Пломбирование осуществляется заинтересованными сторонами.

5 Текущий ремонт

Возможные неисправности, возникающие в процессе эксплуатации СУР, а также вероятные причины и методы устранения представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень неисправностей, причины и методы их исправления.

Наименование исправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
При включении ЭБ в сеть отсутствует свечение светодиодов и индикатора, напряжение аналогового выхода равно 0.	Отсутствует напряжение питания	Проверяют наличие напряжение питания на зажимах проводов питания.
СУР не входит в режим измерения, горит красный светодиод «РЕЖИМ»	Повреждены контактные соединения с ЭП Нет жидкости в трубопроводе	Проверяют надёжность контактных соединений кабелей с ИУ и ЭП. Убеждаются в наличии жидкости в трубопроводе.
Периодически загорается красный светодиод «РЕЖИМ».	Наличие воздушной пробки.	Открывают воздушник, выпускают воздух, проливают СУР в течении 15 минут на номинальном расходе.

6 Хранение

6.1 Тару с СУР, прибывшую на склад потребителя, очищают снаружи от пыли и грязи. Чтобы избежать воздействия на СУР резких изменений температур (например, в зимнее время), тару до вскрытия выдерживают (в зависимости от времени года) до уровня температуры помещения.

6.2 Тару, подлежащую вскрытию, осматривает комиссия, назначенная начальником склада, которая проверяет целостность ящиков. Тару вскрывают, и проверяют состояние и комплектность СУР.

Комплектность проверяют с п. 8 настоящего РЭ и визуально определяют состояние комплекта.

6.3 Товаросопроводительную и техническую документацию хранят вместе с СУР.

6.4 СУР может храниться в капитальных помещениях в условиях 5 по ГОСТ 15150-80 в течение 18 месяцев.

При этом СУР должен находиться в транспортной таре.

7 Транспортирование

7.1 Условия транспортирования СУР в части воздействия климатических факторов внешней среды – согласно условиям хранения 5 по ГОСТ 15150-80.

7.2 Транспортирование СУР производят в соответствии с действующими на данном виде транспорта правилами, утверждёнными в установленном порядке.

7.3 СУР транспортируют в упаковке предприятия изготовителя любым видом транспорта. Транспортирование СУР воздушным видом транспорта допускают только в герметизированных и отапливаемых отсеках.

7.4 Размещение и крепление упакованных СУР в транспортных средствах обеспечивают их устойчивое положение, исключают возможность ударов друг о друга, а также о стенки транспортных средств.

8 Комплектность

8.1 Комплект поставки СУР, должен соответствовать таблице 8.

Таблица 8

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
407251.001-01 407251.001-02	Блок электронного преобразования ЭП	1 шт. 2 шт.	
Таблица 2 РЭ	Участок измерительный ИУ	1 шт.	В зависимости от исполнения
5.836.000	Преобразователь пьезоэлектрический ПП	2 шт.	В зависимости от исполнения
6.412.001	Патрубок	2 шт.	
685661.002	Кабель соединительный коаксиальный	2 шт.	Длина не более 50 м (по заказу – не более 300 м)
407251.002 РЭ	Руководство по эксплуатации	1 экз.	Поставляется в составе поставки не менее пяти СУР
407251.002ПС	Паспорт	1 экз	

9 Гарантии изготовителя

9.1 Изготовитель гарантирует соответствие СУР требованиям технических условий 407251.002 ТУ при соблюдении потребителем условий эксплуатации, транспортирования и хранения.

9.2 Гарантийный срок эксплуатации счетчика – 36 месяцев со дня ввода СУР в эксплуатацию.

9.3 Гарантийный срок хранения не менее 18 месяцев с момента отгрузки СУР с предприятия-изготовителя.

9.4 Сведения о рекламациях.

В случае отказа СУР в работе или неисправности его в период действия гарантийного срока, а также обнаружение некомплектности при первичной приёмке, потребитель должен выслать в адрес предприятия-изготовителя письменное извещение со следующими данными:

- обозначение прибора, заводской номер, дата выпуска и дата ввода в эксплуатацию;
- наличие заводских пломб;
- характер дефекта (или некомплектности).

Все предъявляемые рекламации и результаты восстановления СУР регистрируется потребителем в паспорте.

10 Методика поверки

10.1 Общие сведения

10.1.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки СУР.

10.1.2 Периодичность поверки - 1 раз в четыре года.

10.2 Операции поверки

10.2.1 При проведении поверки должны выполняться операции указанные в таблице 9.

Таблица 9

Наименование операции	Номер Пункта ТО	Обязательность проведения при:	
		Первичной	Периодической
1. Внешний осмотр и проверка герметичности	10.5.1.	Да	Да
2. Проверка нулевого значения расхода по частотному выходу	10.5.2.	Да	Да
3. Определение допускаемой основной относительной погрешности СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу δ_{φ}	10.5.3	Да	После замены ПП
4. Определение допускаемой основной относительной погрешности счета числа импульсов $\delta_{ИО}$	10.5.4	Да	Да
5. Определение допускаемой основной приведённой погрешности преобразования частоты электрических импульсов в ток γ_a	10.5.5	Да	Да
6. Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения времени исправной работы $\delta_В$	10.5.6	Да	Да

Продолжение таблицы 9.

Наименование операции	Номер пункта ТО	Обязательность проведения при:	
		Первичной	Периодической
7. Проверка сохранения информации об объёме и времени работы при отключении питания	10.5.7	Да	Да
8. Определение допускаемой основной относительной погрешности измерения объёма жидкости по индикатору объёма δ_O	10.5.8	Да	Да
9. Определение допускаемой основной приведённой погрешности измерений расхода по токовому выходу γ_T	10.5.9	Да	Да
10. Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения расхода по индикатору расхода γ_Q	10.5.10	Да	Да

10.3 Средства поверки:

- частотомер Ч3-57;
- вольтметр цифровой В7-40;
- поверочная установка (расход в соответствии с конкретной модификацией СУР, погрешность не более $0{,}33 \cdot \delta_o$);
- пульт поверки СУР (вспомогательное оборудование) (далее – пульт поверки).

Примечания:

1 все применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм.

2 метрологические характеристики средства измерений, используемых при поверке, представлены в приложении М.

3 средства измерений и вспомогательное оборудование могут быть заменены аналогичным оборудованием, позволяющим проводить измерения с погрешностями не хуже указанных в приложении М или специализированными, обеспечивающими точность и пределы измерений не хуже используемых.

10.4 Условия поверки и подготовка к поверке

10.4.1 При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды(20±10)°С;

влажность не более 80% при температуре 25°С.

10.4.2 При проведении операций поверки по п.10.5.3 на поверочной установке должны соблюдаться следующие условия:

- измерительный участок ИУ должен быть расположен на поверочной установке таким образом, чтобы обеспечивался прямолинейный участок длиной не менее 10 Ду до места установки ИУ и не менее 5Ду после места установки;

- при проведении поверки не допускается течи жидкости во фланцах, резьбовых и сварных соединениях;

- наличие включений свободного газа (воздуха) в жидкости не допускается;

- давление жидкости в трубопроводе не менее 0,1 Мпа (1 кг/см^2);

- в качестве жидкости используется вода по СаНПиН 2.1.4.1074-01;

- температура жидкости в трубопроводе (20±10) °С;

- изменение температуры жидкости за время поверки не более 2 °С;

- отклонение расхода от установленного значения в процессе измерения не должно превышать ± 2,5%.

10.4.3 Подготовка к поверке.

10.4.3.1 Проводят испытания СУР на герметичность в соответствии с ГОСТ 24054. Результаты испытаний считаются положительными, если во время и после испытаний не будет обнаружено разрушений, течи ИУ, а также снижения давления по контрольному манометру.

10.4.3.2 Проверку электрической прочности изоляции ЭП проводить в соответствии с ГОСТ 12997, п.5.11. Результаты проверки считаются удовлетворительными, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции.

10.4.3.3 Проверку электрического сопротивления изоляции ЭП проводить в соответствии с ГОСТ 12997, п.5.11. Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренные значения сопротивления изоляции были более 20 МОм.

10.5. Проведение поверки

10.5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должны быть проверены требования п.3. Все замечания должны быть устранены до проведения поверки.

10.5.2 Проверку нулевого значения расхода по частотному выходу отсутствия частоты на импульсном выходе (проверку чувствительности СУР) (Вых. $F_{см}$) СУР проводить следующим образом:

- закрыть задвижки в начале на выходе трубопровода, затем на входе и убедиться в отсутствии течи жидкости через задвижки;

- установить значение коррекции СУР - 0,0 Гц. После проведения поверки, параметр вернуть в исходное состояние;

- проконтролировать с помощью частотомера в режиме счета импульсов количество импульсов (Вых. $F_{см}$) за время 6 с, измеренное по секундомеру или по наручным часам (допускается не более 5 импульсов). Параметр регулируется потенциометром «баланс»;

- результат проверки считается удовлетворительным, если за время 6 с. удаётся зафиксировать не более 5 импульсов.

10.5.3 Определение основной погрешности СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу δ_{φ}.

Коэффициент преобразования φ определяют по методике изложенной в разделе 11.

Для определения погрешности δ_φ, ИУ устанавливают на поверочную установку и производят не менее 3-х измерений на значениях расхода Q_{min}, Q_{nom} (Q_{min} – см. таблицу 2, Q_{nom} – соответствует линейной скорости жидкости 1 – 1,5 м/с

С частотного выхода ЭП (Вых. $F_{см}$) подают импульсную последовательность на вход счетчика импульсов поверочной установки.

Основную относительную погрешность СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу δ_φ (на поверочной установке) определяют по формуле:

$$\delta_\varphi = \frac{\frac{N}{\varphi} - V_э}{V_э} \cdot 100\% \qquad (2)$$

, где N – количество импульсов на частотном выходе СУР;

φ - коэффициент преобразования СУР (паспортное значение), имп/м^3;

$V_э$ – эталонный объём, измеренный установкой, м^3.

δ_φ принимается равной 1,5 % для СУР, коэффициент преобразования которых вычислен по методике раздела 11.2 «Методики косвенного определения коэффициента преобразования».

Значение δ_φ не должно превышать значений, указанных в таблице 3 РЭ.

10.5.4 Определение основной относительной погрешности счета числа импульсов $\delta_{ио}$.

Соединить ЭП, пульт поверки, измерительные приборы по схеме приведенной на рисунке 5.

Установить СУР-97 в режим КОНТРОЛЬ, подключив пульт поверки.

С пульта поверки СУР-97 генератором PG, подать импульсный сигнал формы «меандр», частотой 20 Гц.

Частотомер PF настроить для измерения отношения частот.

Счетный вход «А» частотомера подключить к разъему «Частота F» пульта поверки.

Вход частотомера для измерения периода «В» подключить к разъему «Импульсы объема» пульта поверки.

Частотомер в режиме измерения отношения частот должен показывать N_i.

Зафиксировать показания частотомера, процесс контроля повторить не менее 3 раз.

Определить $\delta_{ио}$ по формуле:

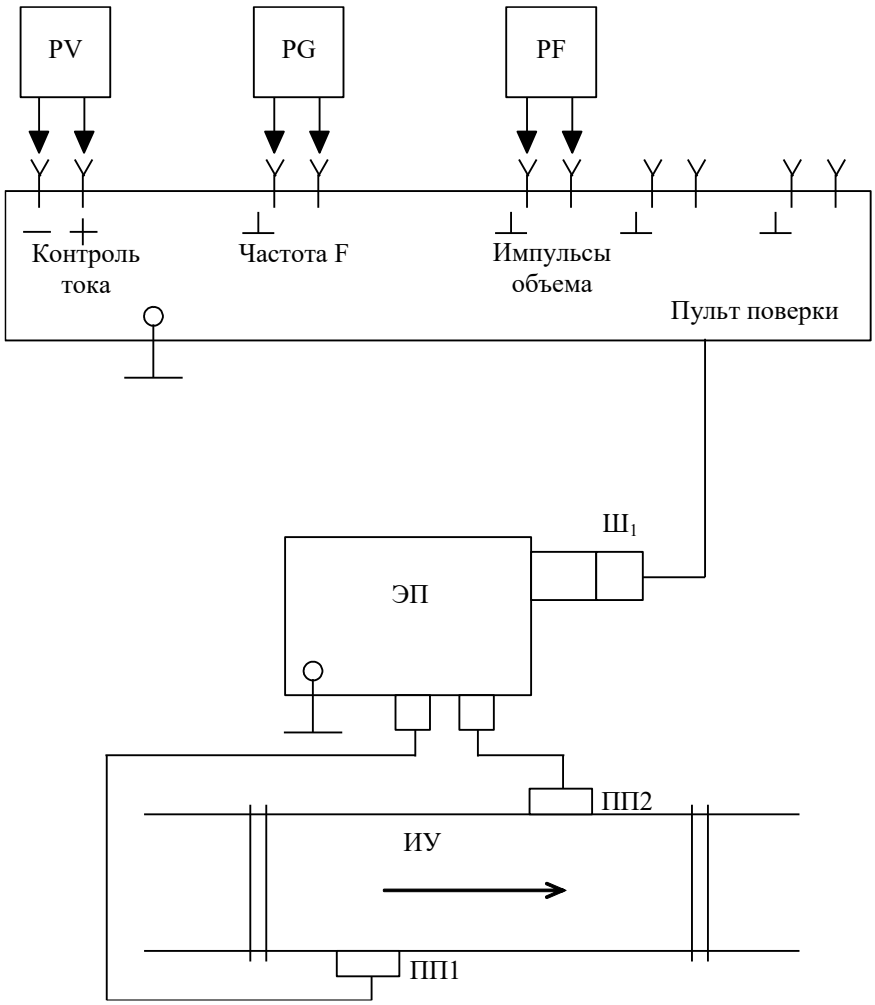
$$\delta_{ИО} = \max\left\{\frac{N_i / K_y}{\varphi_i} - 1\right\} \cdot 100\% \qquad (3)$$

где: N_i - количество импульсов по показаниям частотомера при i–ом измерении;

K_y -множитель индикатора объема м^3;

φ_i - коэффициент преобразования СУР. При проведении испытаний φ_i принять равным 10000.

Результаты поверки СУР по п. 10.5.4 считаются удовлетворительными, если наибольшее значение $\delta_{ио}$ не превысила пределов ± 0,05 %.



ЭП – блок электронного преобразования СУР;
PG – генератор импульсов;
ИУ – измерительный участок;
PV – вольтметр цифровой (универсальный);
PF – частотомер;
Пульт поверки – пульт поверки СУР-97;

Рисунок 5 – Схема соединений средств измерений и вспомогательного оборудования при поверке СУР

10.5.5 Определение основной приведенной погрешности преобразования частоты электрических импульсов в ток, γ_a и основной приведенной погрешности преобразования частоты электрических импульсов в показания индикатора расхода γ_q.

Соединить ЭП, пульт поверки и измерительные приборы по схеме приведенной на рисунке 5

Рассчитать максимальное значение разностной частоты F_{max}, соответствующее коэффициенту преобразования и максимальному расходу $Q=Q_{max}$, по формуле (1);

Перевести СУР в режим КОНТРОЛЬ, подключив пульт поверки.

С пульта поверки генератором импульсов PG подать импульсный сигнал формы “меандр”, амплитудой 5 В и частотой F_{max}, рассчитанной по формуле 1. Частоту импульсов установить с точностью не хуже 0,05 %. Частоту (период) следования импульсов проконтролировать с помощью частотомера PF.

Измерить прибором PV выходной ток на разъеме «Контроль тока» пульта поверки, или на соответствующих контактах разъема ВЫХОД ЭП (рис. 5). Зафиксировать измеренное значение расхода цифровым индикатором СУР.

Аналогично измерение выходного тока произвести при частотах следования импульсов $F = F_{max}/2$, $F = F_{max}/10$ и $F=0$.

$$\gamma_a = \left(\frac{I_{изм} - I_н}{I_{\max} - I_н} - \frac{F}{F_{\max}} \right) \cdot 100\% \qquad (4)$$

где: $I_{изм}$ - измеренное значение выходного тока соответствующее частоте входного сигнала F,

$I_н$ – начальное значение выходного тока, соответствующее нулевой входной частоте:

для диапазона выходных токов (0 - 5) мА – не более 1 мкА,

для диапазона выходных токов (4 - 20) мА - 4мА,

I_{max} - максимальное значение выходного тока, соответствующее максимальному расходу:

для диапазона выходных токов (0 - 5) мА - 5мА,

для диапазона выходных токов (4 - 20) мА -20мА,

F - частота входного сигнала (установленная или измеренная),

F_{max} - максимальное значение частоты входного сигнала, соответствующее максимальному расходу и рассчитанное по формуле 1.

Погрешность индикации расхода цифровым счетчиком СУР γ_q рассчитать по формуле:

$$\gamma_q = \frac{Q_{изм} - Q_{\max}}{Q_{\max}} 100\% \qquad (5)$$

где $Q_{изм}$ – измеренное значение расхода по цифровому индикатору СУР.

Q_{max} – установленное значение расхода.

Результаты поверки СУР п.10.5.5 считаются удовлетворительными, если:

γ_a и γ_q не более ± 0,1 %.

10.5.6 Определение основной относительной погрешности измерения времени исправной работы $\delta_в$ проводить следующим образом:

- включить СУР в рабочее состояние, убедиться в правильном функционировании счетчика;

- секундомером измерить интервал $T_В$ между переключением индикатора времени наработки равным 0,1 часа;

- рассчитать погрешность по формуле:

$$\delta_B = \frac{(T_B - 360)}{360} 100\% \qquad (6)$$

где: $T_в$ - измеренный временной интервал в секундах;

360 - величина временного интервала, в 0,1 часа.

Результаты поверки СУР п.10.5.6 считаются удовлетворительными, если $\delta_в$ не превышает ± 0,2 %.

Отключить один из кабелей от разъема ПП. При этом на передней панели ЭП должен светиться красный светодиод РЕЖИМ и счетчик времени наработки не должен считать время.

10.5.7 Проверку сохранения информации об объеме и времени исправной работы производить следующим образом:

- соединить аппаратуру по схеме, приведенной на рисунке 5;

- наблюдать на индикаторе ВРЕМЯ ЭП счет времени;

- записать показания индикаторов ОБЪЕМ и ВРЕМЯ и выключить ЭП.

Спустя произвольное время включить ЭП и прочитать показания индикаторов ОБЪЕМ и ВРЕМЯ. Показания не должны отличаться от прежних более, чем на единицу младшего разряда.

10.5.8 Определение основной относительной погрешности измерения объема жидкости по индикатору объема δ_o.

δ_o вычисляется по формуле:

$$\delta_0 = \sqrt{\delta_\varphi^2 + \delta_{ИО}^2} \qquad (7)$$

где : δ_φ- погрешность, определяемая в п. 11.1., %;

$\delta_{ио}$ - погрешность, определяемая в п.10.5.4., %.

Результаты поверки СУР п.10.5.8 считаются удовлетворительными, если δ_o не превышает значений, указанных в разделе 2 (табл.2).

10.5.9 Определение погрешности измерения расхода по токовому выходу γ_t.

Определение погрешности γ_t проводить по формуле:

$$\gamma_t = \sqrt{\delta_\varphi^2 + \gamma_a^2} \qquad (8)$$

где : δ_φ - погрешность, определяемая в п. 10.5.3, %;

γ_a - погрешность, определяемая в п. 10.5.4., %.

Погрешность не должна превышать значений, указанных в разделе 1 (таблице 3).

10.5.10 Определение погрешности измерения расхода по индикатору расхода γ_Q.

Определение погрешности γ_Q проводить по формуле:

$$\gamma_Q = \sqrt{\delta_\varphi^2 + \gamma_q^2} \qquad (9)$$

где : δ_φ - погрешность, определяемая в п. 10.5.3, %;

γ_q - погрешность, определяемая в п. 10.5.5., %.

Погрешность не должна превышать значений, указанных в разделе 1 (таблица 3).

10.6 Оформление результатов поверки

10.6.1 Результаты поверки могут оформляться протоколом. Рекомендуемые формы протоколов приведены в приложениях А, Б, В, Г. При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке в соответствии с ПР 50.2.006. При соответствии СУР нормам точности, указанным в настоящем ТО, делается отметка в паспорте СУР.

10.6.2 Отрицательные результаты поверки СУР оформляются в соответствии с ПР 50.2.006 и данный СУР к применению не допускается.

11 Методика определения коэффициента преобразования

11.1 Определение коэффициента преобразования на поверочной установке.

11.1.1 Определение коэффициента преобразования φ и основной относительной погрешности СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу δ_φ (в дальнейшем - погрешности δ_φ) для Ду от 25 до 2000 мм производится на поверочной установке.

При трех фиксированных значениях расхода из рабочего диапазона расходов данного СУР ($Q_1=Q_{max}$, $Q_2=0{,}5$, Q_{max}, $Q_3=Q_{min}$), (Q_{max} – см. таблица 2) по результатам n (не менее 3) измерений при каждом расходе определять объем жидкости W_{ji} при каждом измерении (i) по проливочной установке и соответствующее ему число импульсов N_{ji} с импульсного выхода СУР (Вых. $F_{см}$);

определяют коэффициент преобразования φ_{ij} для каждого расхода из семейства измерений ji по формуле:

$$\varphi_{ij} = \frac{1}{n} \cdot \sum^{n} \frac{N_{ji}}{W_{ji}} \qquad (10)$$

При проведении измерений анализировать значение φ_{ij} на наличие грубых ошибок результатов измерений.

Для этого для каждого семейства φ_{ij} выявить максимальное значение $\varphi_{ij\,max}$ и минимальное значение $\varphi_{ij\,min}$.

Определить значения ν по формулам:

$$\nu = \frac{\varphi_{ij\,max} - \varphi_{ij}}{\sigma_{n-1}} \qquad (11)$$

$$\nu = \frac{\varphi_{ij} - \varphi_{ij\,min}}{\sigma_{n-1}} \qquad (12)$$

где: φ_j - средний коэффициент преобразования, определенный по формуле 10;

σ_{n-1} - среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования φ при каждом расходе, определяемое с помощью микрокалькулятора МК51.

При доверительной вероятности $\alpha=0.95$ и заданном числе измерений n по таблице 10 определить значение ν.

Таблица 10

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ν	1,412	1,689	1,869	1,996	2,093	2,172	2,237	2,294	2,383	2,387	2,426	2,461	2,493

Если значения ν, рассчитанные по формулам (9), (10) превышают значения ν, взятые из табл. 10 , то значения $\varphi_{i\,max}$ ($\varphi_{i\,min}$) отбрасываются и производится дополнительно 2к измерений φ_{ji}, (где к - число отбракованных значений).

Определяют коэффициент преобразования по формуле:

$$\varphi = \frac{\varphi_{j\max} + \varphi_{j\min}}{2} \qquad (13)$$

Определяют основную относительную погрешность СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу δ_φ:

$$\delta_\varphi = \frac{\varphi_{j\max} - \varphi_{j\min}}{\varphi_{j\max} + \varphi_{j\min}} 100\% \qquad (14)$$

В случае необходимости разбивки рабочего диапазона на поддиапазоны, процесс разбивки осуществляется следующим образом:

- анализируется изменение среднего коэффициента φj при каждом расходе Q1, Q2, Q3 и производится дополнительно определение коэффициента φj при промежуточных расходах для получения более точной зависимости коэффициента φ от расхода;
- производится деление диапазона расходов на поддиапазоны с минимальной разностью погрешностей между поддиапазонами;
- определяется коэффициент преобразования φn в каждом поддиапазоне по формуле:

$$\varphi_n = \frac{\varphi_{nj\min} + \varphi_{nj\max}}{2} \qquad (15)$$

где: φ_n - коэффициент преобразования в «n» поддиапазоне;

$\varphi_{nj\,min}$, $\varphi_{nj\,max}$ - минимальные и максимальные значения коэффициентов преобразования φ_{nj} при j-ом расходе в «n» поддиапазоне;

определяются основная относительная погрешность СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу $\delta_{\varphi n}$ в пределах каждого поддиапазона расходов по формулам:

$$\delta_{\varphi_n} = \frac{\varphi_{nj\max} - \varphi_{nj\min}}{\varphi_{nj\max} + \varphi_{nj\min}} \cdot 100\% \qquad (16)$$

наибольшее значение из $\delta_{\varphi n}$ принимается за погрешность $\delta\varphi$.

Погрешность δ_φ должна быть не более значений, указанных в таблице 3.

11.2. Методика расчёта коэффициента преобразования φ для ИУ диаметром от 100 до 2000 мм

Определение коэффициента преобразования φ и основной относительной погрешности СУР при измерениях объема жидкости по частотному выходу преобразования объема жидкости в число импульсов δ_φ (в дальнейшем -погрешности δ_φ) для ДУ от 100 до 2000 мм производят косвенным методом по результатам линейно-угловых измерений ИУ и определения физических параметров измеряемой среды.

При выполнении условий п.11.2.1.-11.2.3:

11.2.1 Погрешность за счёт измерения скорости ультразвука в измеряемой жидкости $\Delta_C \leq 0{,}1\%$;

11.2.2 Погрешность за счёт неточного измерения линейно-угловых параметров Δ_L=0,1 мм., Δ_α=5′;

11.2.3 Погрешность за счёт неточного определения гидродинамического коэффициента $\Delta_M \leq 1$ %.

Значение погрешности δ_φ в диапазоне скоростей 0,2-11 м/с принимают равным ±1,5% (СУР модификации 407251.002-01), и ±1% (СУР модификации 407251.002-02).

11.2.1 Определение погрешности за счёт изменения скорости ультразвука в измеряемой жидкости.

При применении расходомера для измерения расхода и объёма воды по ГОСТ 2874 и воды в системе теплоснабжения скорость ультразвука определяется по данным табл. И1 и И1а приложения И методом линейной интерполяции

$$C_t = C_1 + \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} \cdot (t - t_1) \qquad (17)$$

$$t_1 < t < t_2,$$

где C_1, C_2 – значения скорости ультразвука, соответствующие температуре t_1 и t_2.

Температура воды измеряется с погрешностью не более 0,5 ^{0}C.

В других случаях для определения скорости ультразвука необходимо воспользоваться справочными данными.

Полученный результат занести в протокол (приложение Б).

Погрешность за счёт изменения скорости ультразвука вычисляется по формуле:

$$\Delta_c = \frac{\tau_{зад}\left(C_{\max} - C_{\min}\right)}{L_0} \cdot 100\% \qquad (18)$$

где $\tau_{зад}$ – время задержки, с (паспортные значения);

C_{max}, C_{min} – соответственно максимальная и минимальная скорости ультразвука в температурном диапазоне и давления рабочей жидкости (для воды по ГОСТ 2874-82 и системе теплоснабжения определяются по таблице И1 и И1а приложения И, в остальных случаях экспериментально), м/с.

Полученное значение Δ_c не должно превышать 0,1 % (для ДУ≥0,2 м).

11.2.2 Определение погрешности за счёт неточного измерения линейно-угловых параметров.

К линейно угловым параметрам относятся: диаметры патрубка (трубопровода), расстояние между ПП, угол наклона оси акустического канала к оси патрубка (трубопровода), смещение оси акустического канала относительно стенки патрубка (трубопровода).

11.2.2.1 Диаметры патрубка $D_{||}$ и $D_{\perp}$ измеряют штангенциркулем или нутромером по двум взаимоперпендикулярным направлением, причём одно из них должно совпадать или быть параллельно плоскости, проходящей через ось ПП параллельно оси патрубка или трубопровода (рис. 7).

Инструментальная погрешность не более 0,2 мм.

По каждому направлению выполняют не менее десяти измерений с двух сторон патрубка и определяют средние значения диаметров.

Аналогично определяют внутренний диаметр трубопровода при установке ПП на патрубке. Эту операцию проводят перед установкой патрубка.

При установке ПП непосредственно на трубопроводе внутренний диаметр определяют, используя отверстия с заглушками или люки, установленные на расстоянии 500 мм. и более от последнего по потоку ПП в плоскости установки ПП и перпендикулярной ей плоскости.

После выполнения измерений проверяют выполнение условия:

$$\left|D_T - D_П\right| \le 0{,}01 D_T \qquad (19)$$

где $D_П$ – среднее значение внутреннего диаметра ИУ, м;

$D_Т$ – среднее значение внутреннего диаметра ИУ, м;

СУР, не удовлетворяющие условию (19), к применению не допускаются.

При установке ПП непосредственно на трубопроводе условие (19) не проверяют.

11.2.2.2 Расстояние между ПП расходомера со счетчиком L_0 (рис. 6) измеряют с помощью нутромера или штанги и штангенциркуля (инструментальная погрешность не более 0,1 мм.)

11.2.2.3 Угол наклона оси акустического канала к оси трубы α, град, измеряют с помощью штанги и угломера.

Угол измеряют не менее одиннадцати раз с двух сторон трубы, предварительно установив штангу в монтажные втулки ПП (рис. 6). В целях исключения случайной погрешности измерений находят среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов измерений и проверяют выполнение условия:

$$n \ge \left(\frac{4\hat{S}_\alpha}{\Delta\alpha}\right)^2 \qquad (20)$$

где n – количество измерений,

$\hat{S}_\alpha$ - СКО результатов измерений (ГОСТ 8.207-76), минута,

$\Delta\alpha$ - инструментальная погрешность угломера, минута.

Если условие (20) не выполняется, проводят дополнительные измерения до тех пор, пока оно не будет выполнено.

Угол α определяется как среднее значение по результатам измерений.

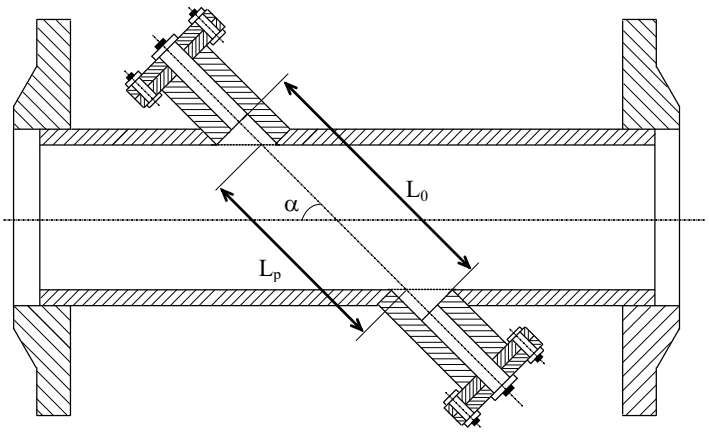


Рисунок 6 - Измерительный участок

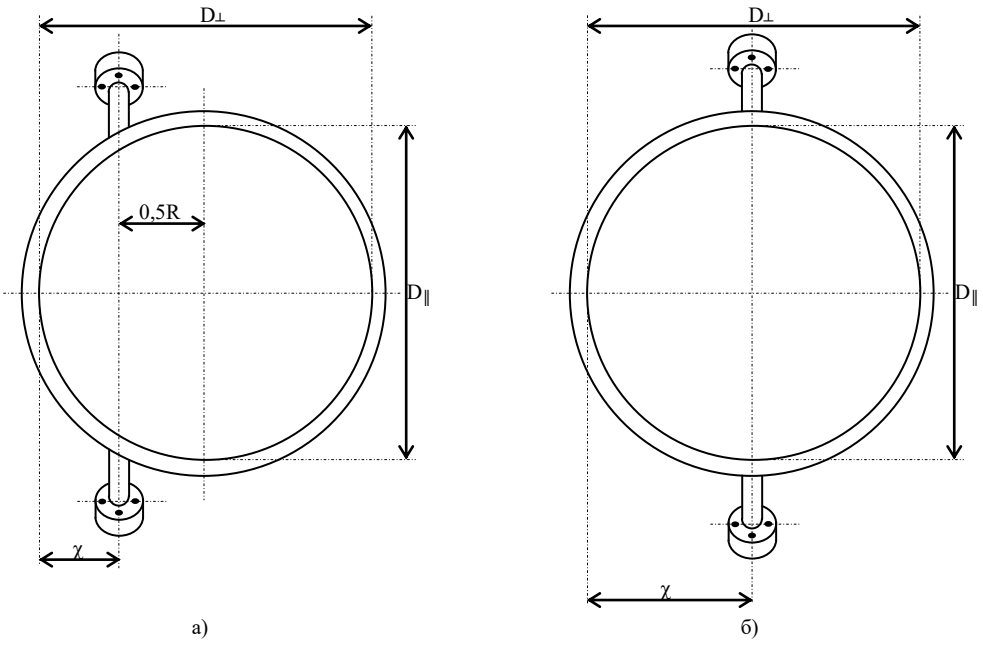


Рисунок 7 - Схема установки пьезоэлектрических преобразователей
(а – по хорде, б – по диаметру)

11.2.2.4 Смещение оси акустического канала относительно внутренней стенки трубы χ, м (рис. 7) определяют с помощью двух штанг и штангенциркуля (инструментальная погрешность 0,1 мм.). Одну пропускают через монтажные втулки ПП, обеспечивая скользящую посадку, а другую размещают на наружной поверхности трубы так, чтобы точка касания являлась центром штанги. Затем, закрепив концы штанг стяжками на равном расстоянии, замеряют это расстояние штангенциркулем. Смещение χ определяют, вычитая из полученного значения предварительно измеренные величины толщины стенки патрубка (трубопровода) и половины диаметра штанги, пропущенной через монтажные патрубки ПП.

Допускается определение смещения оси акустического канала относительно внутренней стенки трубы с помощью штанги, пропущенной через монтажные отверстия ПП, нутромера и штангенциркуля (инструментальная погрешность 0,1 мм).

После определения линейно-угловых параметров и погрешности определяют длину активной части акустического канала L_p (рис. 6) и проверяют выполнение требований к точности монтажа ПП.

Длину активной части акустического канала определяют в соответствии с п. 11.4.3.

После определения длины активной части проверяют выполнение условий:

- при установке ПП по диаметру

$$0{,}49\,D_{\perp} \le \chi \le 0{,}51\,D_{\perp} \qquad (21)$$

$$L_0 - L_p \ge \frac{d}{tg\alpha} \qquad (22)$$

- при установке ПП по хорде

$$0{,}245\,D_{\perp} \le \chi \le 0{,}255\,D_{\perp} \qquad (23)$$

$$L_0 - L_p \ge \frac{1{,}25\,d}{tg\alpha} \qquad (24)$$

где d – диаметр излучающей поверхности ПП, равный 0,0275 м;

$L_р$ – длина активной части акустического канала, м.

Расходомеры со счетчиком, не удовлетворяющие условиям (21) – (24), к применению не допускаются.

Результаты измерений записываются в протокол (приложение Б, Г).

Погрешность за счёт неточного измерения линейно-угловых параметров вычисляются по формуле:

$$\Delta_л = 100\sqrt{\left(\frac{8\Delta D}{3D}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta L}{L_0}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta\alpha}{tg2\alpha}\right)^2},\% \qquad (25)$$

где ΔD, ΔL, Δα - погрешности измерения диаметра патрубка (трубопровода), м, расстояния между ПП, м, и угла между осью акустического канала и осью трубы (в радианах), равные инструментальным погрешностям средств измерения.

Полученное значение $\Delta_л$ не должно превышать 0,32% (для Ду≥0,2 м).

11.2.3 Определение погрешности за счёт неточного определения гидродинамического коэффициента.

Гидродинамический коэффициент рассчитывают в соответствии с п. 11.2.4.4.

При установке ПП по хорде, смещённой на 0,5 внутреннего радиуса патрубка (трубопровода) от его стенки погрешность является величиной постоянной и равной 0,5 %.

При установке ПП по диаметру для расчёта погрешности необходимо определить коэффициент гидравлического трения трубопровода λ, а также гидродинамические коэффициенты $m_в$ и $m_н$, соответствующие верхнему и нижнему пределам измерения расходомера со счетчиком.

Для определения λ необходимо измерить местные скорости потока.

Скорости измеряют в сечении трубопровода за расходомером со счетчиком в двух точках: на оси трубопровода (V_0) и на расстоянии 0,3 внутреннего радиуса от стенки трубы (V_3).

При выполнении измерений местной скорости используют методику, средства измерения и оборудование, описанные в ГОСТ 8.439-81.

Измерение скоростей выполняют при максимальном расходе.

Коэффициент гидравлического трения λ определяют по величине соотношения измеренных скоростей потока V_3/V_0 в соответствии с таблицей 11, а для случая, когда $V_3/V_0 \geq 0{,}84$, по таблице К1 (приложение К).

Таблица 11

λ	0,030	0,034	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,058	0,062
V_3/V_0	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76

Коэффициент гидравлического трения можно определить по относительной шероховатости продуктопровода, по таблице 12

$$\gamma = R/k, \qquad (26)$$

где R – диаметр продуктопровода, k – высота выступающей неровности

Таблица 12

λ	0,0606	0,046	0,0364	0,0284	0,024	0,0204
γ	15	30,6	60	126	252	507

Если значения λ превышают величину 0,062, расходомер к применению не допускается.

Гидродинамический коэффициент m_ℓ определяют по формуле:

$$m_\ell = 1{,}01 + 0{,}38\sqrt{\lambda} \tag{27}$$

Гидродинамический коэффициент $m_н$ определяют по графику (рисунок 7), предварительно определив Re_{max}, соответствующее $m_в$ и λ, и Re_{min}, соответствующее $m_в$.

Числа Рейнольдса Re_{max} и Re_{min} определяют по формулам:

$$\mathrm{Re}_{\max} = \frac{4Q_в}{\pi D_y \nu_{\min}} \tag{28}$$

$$\mathrm{Re}_{\min} = \frac{4Q_н}{\pi D_y \nu_{\max}} \tag{29}$$

где $Q_н$ – нижний предел измерения расхода, $м^3/с$;

D_y – условный проход патрубка (трубопровода), м;

ν - кинематический коэффициент связи.

Значение вязкости, соответствующее температуре воды в условиях эксплуатации расходомера, определяется по данным таблицы Л1 приложения Л методом линейной интерполяции

$$\nu_t = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}(\nu_2 - \nu_1) + \nu_1 \tag{30}$$

$$t_1 < t < t_2$$

$$\nu_1 < \nu_t < \nu_2$$

где ν_1, ν_2 – предыдущее и последующее табличные значения вязкости (10^{-6} $м^2/с$).

Если λ>0,04, принимают $m_в=m_н$.

Погрешность определения расхода за счёт неточного определения гидродинамического коэффициента вычисляется по формуле:

$$\Delta_m = \frac{\Delta m}{m} \cdot 100\% \tag{31}$$

где Δm – погрешность определения гидродинамического коэффициента.

При установке ПП по диаметру

$$\Delta m = \sqrt{\Delta^2_{m\phi} + \Delta^2_{m\lambda} + \Delta^2_н} \tag{32}$$

где $\Delta_{mф}$ – погрешность формулы для определения m,

$\Delta_{mλ}$ - погрешность определения m за счёт неточного определения λ,

$\Delta_н$ – относительная погрешность измерения расхода за счёт нелинейности гидродинамического коэффициента.

Погрешность формулы для определения m имеет вид:

$$\Delta_{m\phi} = 0{,}04\sqrt{\lambda - 0{,}34\sqrt{\lambda} + 0{,}03} \tag{33}$$

Погрешность определения m за счёт неточного определения λ при использовании справочных данных вычисляется по формуле:

$$\Delta_{m\lambda} = 0{,}04\sqrt{\lambda} \qquad (34)$$

Погрешность определения m за счёт неточного определения λ экспериментальным путём вычисляют по формуле:

$$\Delta_{m\lambda} = 0{,}02\sqrt{\lambda} \qquad (35)$$

Относительная погрешность определения расхода за счёт нелинейности гидродинамического коэффициента определяется по формуле:

$$\Delta_{н} = \frac{m_{н} - m_{в}}{m_{н} + m_{в}} \qquad (36)$$

где $m_н$, $m_в$ – значения m, соответственно для нижнего и верхнего пределов измерения (п. 3.).

Полученное значение Δ_m не должно превышать 1% (для применения СУР при изменении температуры воды не более чем на 30^0С) и 1,5% (при изменении температуры не более чем на 100^0С).

11.2.4 Обработка результатов измерений

11.2.4.1 Коэффициент преобразования для расходомеров на диаметры условного прохода трубопроводов $D_y \geq 0{,}2$ м определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{16 \cdot mKL_p \cos\alpha}{SL_0\left(L_0 + 2C\tau_{зад}\right)} \quad \frac{имп}{м^3} \qquad (37)$$

φ - коэффициент преобразования (имп/м^3).

K – коэффициент преобразования ЭП (указан в паспорте на счетчик)

11.2.4.2 Площадь поперечного сечения патрубка (трубопровода), определяют по формуле:

$$S = \frac{\pi\left(D_{||} + D_{\perp}\right)^2}{16} \qquad (38)$$

11.2.4.3 Длину активной части акустического канала, м, вычисляют по формуле:

$$L_p = \frac{2D_{||}}{D_{\perp}\sin\alpha}\sqrt{\chi\left(D_{\perp} - \chi\right)} \qquad (39)$$

11.2.4.4 Гидродинамический коэффициент при установке ПП по хорде вычисляют по формуле:

$$m = \frac{1{,}004D_y + 0{,}008D_{\min}}{D_y} \qquad (40)$$

где D_{min}=0,1 м.

Гидродинамический коэффициент при установке ПП по диаметру вычисляют по формуле:

$$m = \frac{m_{в} + m_{н}}{2D_y}\left(D_y + 0{,}003D_{\min}\right) \qquad (41)$$

Коэффициент преобразования для двухканального счетчика (две хорды) определяют по формуле:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \quad \frac{Имп}{м^3} \qquad (42)$$

где φ_1 - коэффициент преобразования по хорде 1, имп/м^3;

φ_2 - коэффициент преобразования по хорде 2, имп/м^3.

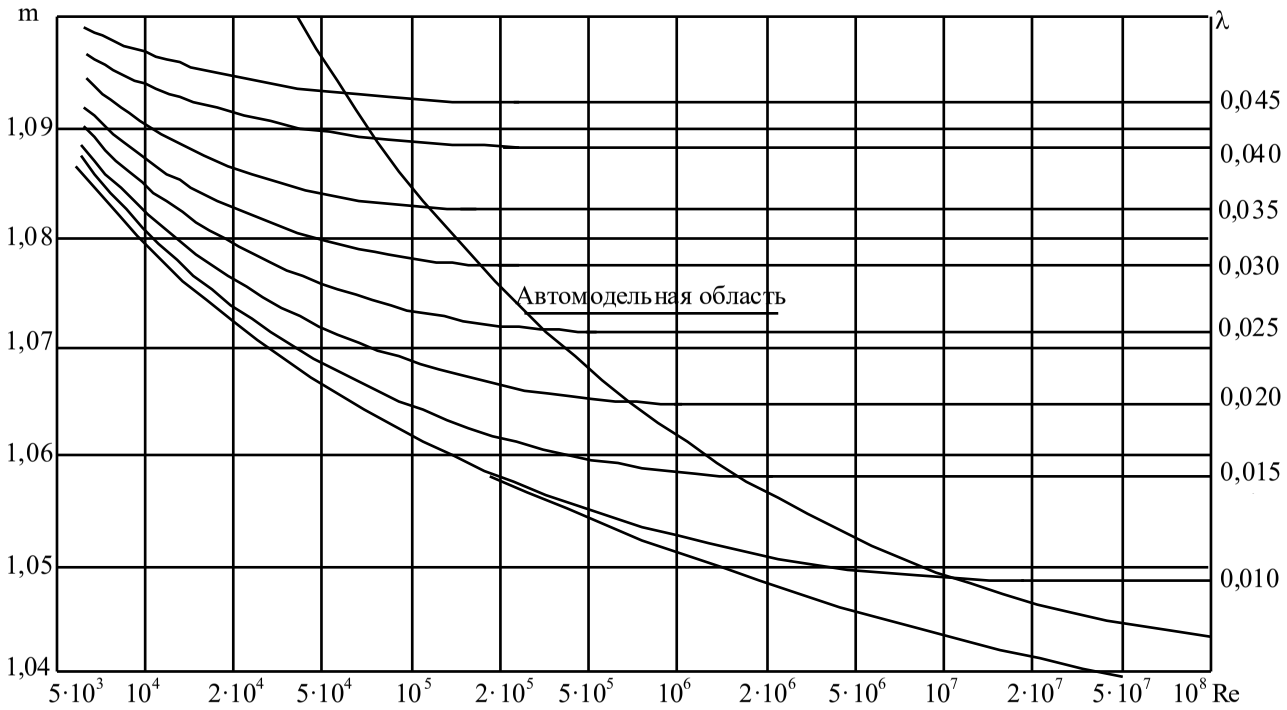


Рисунок 8 - Зависимость гидродинамического коэффициента от режима течения и характеристик трубопровода

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протокол
поверки СУР на поверочной установке

Заводской номер ЭП _____
Заводской номер ИУ _____
Заводской номер ПП _____
Диаметр условного прохода, Ду _____ мм.
Минимальный расход , Q_{min} _____ $м^3$/ч.
Максимальный расход , Q_{max} _____ $м^3$/ч.
Жидкость _____
Длина соединительных кабелей _____ м.
Внутренний диаметр, Д _____ мм.

Результаты проливки:

Расход, $м^3$/ч	Q_1		Q_2	
W_i	1 2 3	4 5 6	1 2 3	4 5 6
φ_i, имп/$м^3$				

Кэффициент преобразования, φ _____ имп/$м^3$
φ_1 _____ имп/$м^3$
φ_2 _____ имп/$м^3$
Погрешность δ_φ _____ %

Проверка погрешности преобразования частоты сигнала в ток γ_a,

Расход, $м^3$/ч	Частота сигнала на импульсном выходе, F, Гц.	Измеренное значение тока, I, мА
1	1	1
2	2	2

приведенная погрешность преобразования частоты сигнала в ток γa, _____ %.
Проверка погрешности счета числа импульсов, $\delta_{ио}$ (N, имп):
1
2
3
Погрешность счета числа импульсов, $\delta_{ио}$ _____ %
Период следования импульсов, $T_в$ _____ %
Погрешность измерения времени, $\delta_в$ _____ %
Погрешность $\delta_о$ _____ %
Погрешность $\gamma_т$ _____ %

Поверитель _____
подпись
МП

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Протокол косвенного вычисления коэффициента преобразования

Протокол
Исходных данных ИУ и косвенного вычисления коэффициента преобразования

Заводской номер_____
Длина прямого участка трубопровода _____ДУ
Местное сопротивление _____
Способ установки ПП _____
Внутренний диаметр трубы в плоскости ПП _____мм.
Внутренний диаметр трубы в _I_ плоскости ПП _____мм.
Погрешность измерения диаметра _____мм.
Угол наклона оси акустического канала _____град.
Погрешность измерения угла _____град.
Диаметр излучающей поверхности ПП _____мм.
Смещение оси акустического канала _____мм.
Погрешность измерения смещения _____мм.
Толщина стенки трубопровода _____мм.
Погрешность измерения толщины _____мм.
Расстояние между ПП _____мм.
Погрешность измерения расстояния _____мм.
Максимальное значение расхода _____$м^3$/ч.
Минимальное значение расхода _____$м^3$/ч.
Скорость ультразвука в воде при рабочих условиях:
минимальная _____м/сек.
максимальная _____м/сек.
Кинематический коэффициент вязкости, min _____$м^2$/сек.
Кинематический коэффициент вязкости, max _____$м^2$/сек.
Время задержки в общих элементах 2,5 _____мкс.
Погрешность измерения времени задержки _____%

коэффициент деления панели измерения _____

Длина активной части акустического канала _____мм.
Число Рейнольдса при минимальном расходе _____
Число Рейнольдса при максимальном расходе _____

Коэффициент преобразования φ _____мм.

Расчёт произвел _____

«_____»_____200__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Протокол периодической поверки счетчика СУР-97

Протокол
периодической поверки в соответствии с методикой поверки
407251.002 РЭ раздел 11

Наименование операции	Предельное значение параметра	Измеренное значение параметра (соответствие требованиям РЭ)
1. Внешний осмотр и проверка герметичности.		
2. Проверка нулевого значения расхода по частотному выходу.	< 1 Гц	
3. Определение относительной погрешности счёта числа импульсов $\delta_{ИО}$.	±0,05%	
4. Определение приведённой погрешности преобразования частоты сигнала в ток $\gamma_а$.	±0,1%	
5. Определение относительной погрешности измерения времени $\delta_В$.	±0,2%	
6. Проверка сохранения информации об объёме и времени работы при отключении питания.	Сохраняет	
7. Определение относительной погрешности измерения объёма $\delta_О$ по частотному выходу.	±1,5%	
8. Определение приведённой погрешности измерения расхода по токовому выходу $\gamma_т$.	±2%	
9. Определение приведенной погрешности измерения расхода по цифровому индикатору.	±1,5%	

_____
должность руководителя подразделения

_____

Поверитель

″_____″ _____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Свидетельство о поверке счетчика СУР-97

наименование организации, выдавшей свидетельство

СВИДЕТЕЛЬСТВО N_____

о поверке счетчика ультразвукового СУР-97

Наименование счетчика СУР-97
Заводской номер ЭП _____
Заводской номер ИУ _____
Заводской номер ПП _____
Диаметр условного прохода, $Д_у$ _____ мм
Минимальный расход, Q_{min} _____ $м^3/ч$
Максимальный расход, Q_{max} _____ $м^3/ч$
Жидкость _____
Длина соединительных кабелей _____ м
Множитель индикатора ОБЪЕМ _____ $м^3$
Выходной ток _____ мА
Принадлежит _____
(наименование эксплуатирующей организации)

По результатам поверки (протокол N _____ от _____199 г.)
счетчик признан годным к эксплуатации .

Коэффициент преобразования, φ _____ $имп/м^3$

Погрешности СУР:
погрешность δ_φ _____ %

Межповерочный интервал - 4 года.

МП
“____” _____ 200 г. _____
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Пульт поверки счетчика СУР-97

НАЗНАЧЕНИЕ

Пульт поверки ультразвукового счетчика СУР-97 является вспомогательным прибором и предназначен для проверки работоспособности счетчика СУР-97, пульт обеспечивает:

- Поверку счетчика совместно с аттестованными средствами измерения.

ОПИСАНИЕ И РАБОТА

Пульт поверки СУР-97 – коммутационное устройство совмещённое со встроенным специализированным генератором.

Внешний вид передней и задней панели устройства и назначение органов управления представлены на рисунке Д1.

Пульт поверки подсоединяется к счетчику СУР-97 через кабельные соединители из комплекта пульта поверки. Питание пульта осуществляется от источника «+5В» расположенного в ультразвуковом счетчике. О наличии напряжения «+5В» сигнализирует светодиодный индикатор «+5В» 1, см. рисунок Д1а, на передней панели пульта поверки.

Пульт поверки имеет два режима работы, выбор режима работы осуществляется переключателем «Генератор/Проверка коэффициента деления» 2, см. рисунок Д1а:

1 Режим генератора. Управляемый генератор вырабатывает импульсную последовательность для проверки преобразователя частота/индикатор расхода и преобразователя частота/ток счетчика СУР-97. Для контроля частоты предусмотрен разъём «ЧАСТОТА F» 9, см. рисунок Д1б, на задней панели пульта поверки счетчика.

Наборное поле генератора состоит из пятиразрядного цифрового переключателя 5, см. рисунок Д1а. Первые четыре разряда переключателя 3, см. рисунок Е1а, предназначены для набора периода частоты в миллисекундах. Последний разряд переключателя 4, см. рисунок Д1а – множитель, и принимает значения «1» – 0,1; «2» – 1; «4» – 10.

2 Режим проверки коэффициента деления. Переключение в режим проверки коэффициента деления осуществляется переключателем «ГЕНЕРАТОР/ПРОВЕРКА КОЭФФИЦИЕНТА ДЕЛЕНИЯ» 2, см. рисунок Д1а. Оптронный выход счетчика СУР-97 подключен к сравнивающему устройству внутри пульта поверки. Импульсная последовательность подаётся одновременно на счётное устройство внутри счетчика СУР-97 и на счетчик пульта поверки. Выбор коэффициента пересчёта осуществляется четырьмя первыми разрядами пятиразрядного цифрового переключателя 3, рисунок Д1а. При совпадении коэффициентов деления внутри счетчика СУР-97 и набранного на наборном поле пульта поверки загорается светодиодный индикатор «Совпадение» 8, рисунок Д1а. Для синхронизации работы сравнивающего устройства требуется один период заполнения счетчика.

Для контроля коэффициента деления стандартными средствами измерения предусмотрены разъёмы «ИМПУЛЬСЫ ОБЪЁМА» и «ЧАСТОТА F», 12, 9, рисунок Д1б, предназначенные для подключения к частотомеру в режиме измерения пачки импульсов.

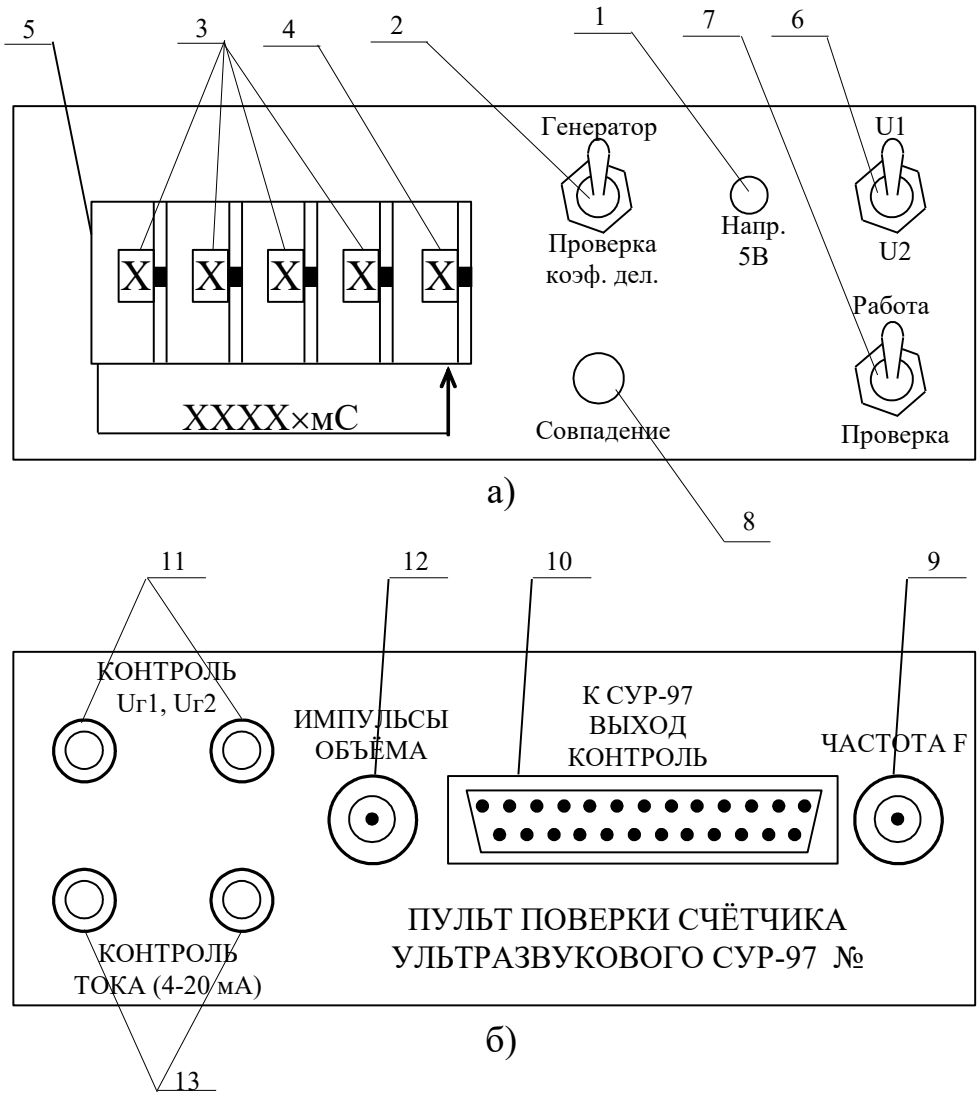


Рисунок Д1 - Внешний вид пульта поверки счётчика ультразвукового СУР-97.
а) передняя панель; б) задняя панель.

Переключатель «РАБОТА/ПОВЕРКА» 7, рисунок Д1а, переводит режим работы счетчика СУР-97 из рабочего режима в режим поверки коммутацией напряжения на контакте 8, разъёма контроль, см. рисунок 4 РЭ.

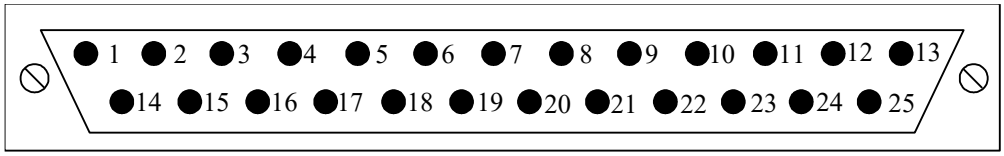
Переключатель «U1/U2» 6, рисунок Д1а, коммутирует подключение контрольных точек генераторов Uг1, Uг2, контакт 2, 3, разъёма «КОНТРОЛЬ», см. рисунок 4 РЭ, к контактам «КОНТРОЛЬ Uг1, Uг2» 11, рисунок Д1б, расположенным на задней стенке пульта поверки.

Контроль напряжения Uг1, Uг2 осуществляется стандартными средствами измерения, подключенными к контактам «КОНТРОЛЬ Uг1, Uг2» 11, см. рисунок Д1б.

Контроль тока осуществляется стандартными средствами измерения, подключенными к контактам «КОНТРОЛЬ ТОКА (4-29 мА)», 13, см. рисунок Д1б.

Для контроля разностной частоты в пульте предусмотрен акустический громкоговоритель подключенный к выходу Вых. Fсм, см. рисунок 4 РЭ.

Подключение пульта поверки к счетчику СУР-97 осуществляется через разъём «ВЫХОД КОНТРОЛЬ» 10, рисунок Д1б, кабельным соединителем, рисунок Д3, входящим в комплект пульта поверки. Расположение контактов и их назначение указано на рисунке Д2.



Номер контакта	Наименование цепи	Номер контакта	Наименование цепи
1	Корпус	14	Корпус
2	Отказ	15	Иг1
3	-*I*вых	16	Иг2
4	Имп. выход -	17	Корпус
5	Имп. выход +	18	Вх. Fпров
6	+*I* вых	19	Вых. Fсм.
7	Реверс	20	+5V
8	Вых. Fсм	21	Упр. конт.

Рисунок Д2 - Расположение контактов и их назначение разъёма «ВЫХОД КОНТРОЛЬ» задней панели пульта поверки счётчика СУР-97

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Подсоединить пульт поверки счетчика СУР-97 к поверяемому счетчику кабельным соединителем (рисунок Д3) из комплекта пульта. Проконтролировать загорание индикатора «+5В».

1 Проверка нулевого значения расхода по частотному выходу п. 10.5.2. РЭ.

Положение переключателя «РАБОТА/ПРОВЕРКА» в положение «РАБОТА»

Количество импульсов на контакте 8, разъёма «ВЫХОД», контролировать на слух через встроенный в пульт громкоговоритель. Проверку нулевого значения расхода проводить в соответствии с пунктом 10.5.2. РЭ. При необходимости наличие импульсов на контакте 8 разъёма «ВЫХОД», рисунок 4 РЭ контролировать через разъём «ЧАСТОТА F».

2 Определение относительной погрешности счёта импульсов $\delta_{ИО}$.

Переключатель «РАБОТА/КОНТРОЛЬ» в положение «КОНТРОЛЬ».

Включить счетчик СУР-97 при нажатой кнопке «РЕЖИМ», на индикаторе «РЕЖИМ» прочитать четырёхзначный коэффициент преобразования. Сравнить прочитанный коэффициент преобразования с записанным в паспорте. Установить на первых четырёх разрядах цифрового переключателя прочитанный коэффициент преобразования. При совпадении коэффициента преобразования, установленного на пульте поверки с запрограммированным в счетчике, индикатор «СОВПАДЕНИЕ» на пульте поверки загорается. Погрешность счёта импульсов при этом составит 0%. Если совпадения не происходит, индикатор не загорается. Контролировать коэффициент преобразования стандартными измерительными приборами в соответствии с пунктом 10.5.4 РЭ, подключив частотомер к разъёму «ЧАСТОТА F» - счётный вход А, к разъёму «ИМПУЛЬСЫ ОБЪЁМА» – вход для измерения периода Б. Частотомер перевести в режим измерения отношения частот А к Б. Наблюдать на индикаторе частотомера коэффициент преобразования, погрешность вычислять в соответствии в п. 10.4.5 РЭ.

3 Определение приведенной погрешности преобразования частоты сигнала в ток γ_a.

Определение приведенной погрешности преобразования частоты в ток проводить в соответствии с п. 10.5.5 РЭ, используя пульт поверки счетчика в режиме «ГЕНЕРАТОР».Для этого переключатель «РАБОТА/ПРОВЕРКА» перевести в положение «РАБО-

ТА», переключатель «ГЕНЕРАТОР/ПРОВЕРКА КОЭФФИЦИЕНТА ДЕЛЕНИЯ» перевести в положение «ГЕНЕРАТОР». Выбранную частоту установить на первых четырех разрядах цифрового переключателя, для чего:

1) Рассчитать период через заданную частоту (T=1/F).
2) Представить период в миллисекундах.
3) Выбрать множитель цифрового переключателя исходя из необходимости и установить его на пятом разряде цифрового переключателя.

Контролировать установленную частоту на выходе «ЧАСТОТА F» подключенными к пульту стандартными средствами измерения.

4 Определение приведенной погрешности измерения расхода по цифровому индикатору.

Пульт поверки счетчика СУР-97 перевести в режим «ГЕНЕРАТОР» см. п.3.

Определение приведенной погрешности измерения расхода по цифровому индикатору проводить в соответствии с п. 10.5.5 РЭ.

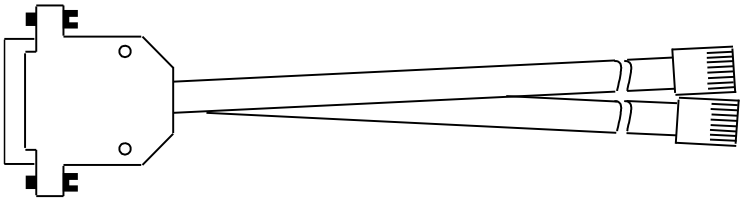


Рисунок Д3 – Внешний вид кабельного соединителя

КОМПЛЕТНОСТЬ

Таблица Д1

Обозначение	Наименование, тип	Кол.	Зав. №
407152.002	Пульт поверки счетчика СУР-97	1	
685661.002-07	Кабель соединительный		
685661.003-07	Кабель соединительный	1	
407251.002 ТО	Руководство по эксплуатации пульта поверки счетчика СУР-97	1	
407251.002 ПС	Паспорт	1	

МЕТОДИКА ПРИЕМКИ

Пульт поверки счетчика СУР-97 является вспомогательным оборудованием. Контроль выходных сигналов пульта осуществляется в процессе предъявления счетчика СУР-97 на соответствие требованиям методики поверки 407251.002 РЭ, раздел 10. Параметры сигналов генерируемых пультом контролируются стандартными средствами измерения, подключенными к выходным разъёмам пульта поверки. Нарушение коммутационных соединений внутри пульта поверки проявятся в процессе эксплуатации. Пульт поверки СУР-97 контролирует исправную работу счетчика, счетчик контролирует исправную работу пульта, стандартные средства измерения контролируют выходные параметры пульта.

УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

Пульт поверки счетчика СУР-97 не имеет встроенных источников питания и опасных для жизни напряжений.

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

Пульт поверки счетчика СУР-97 может транспортироваться всеми видами транспорта, в таре, защищающей его от воздействия атмосферных осадков и попадания воды и пыли. Тара должна предотвращать его перемещение и удары друг о друга или об окружающие предметы.

Хранение пульта поверки счетчика СУР-97 должно проводиться в складском помещении при относительной влажности воздуха не более 95% и температуре от минус 40^0С до +35 ^{0}С. Не допускается наличие в складском помещении разного рода кислот, щелочей и т.п. материалов, в том числе кислотных и щелочных аккумуляторов.

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Пульт поверки счетчика СУР-97 заводской № _____ соответствует требованиям 407251.002 РЭ, раздела 10 и признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска _____

Представитель ОТК _____

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие пульта поверки счетчика СУР-97 требованиям 407251.002 РЭ, раздела 10 при условии использования пульта поверки счетчика СУР-97 по назначению, изложенных в настоящем руководстве.

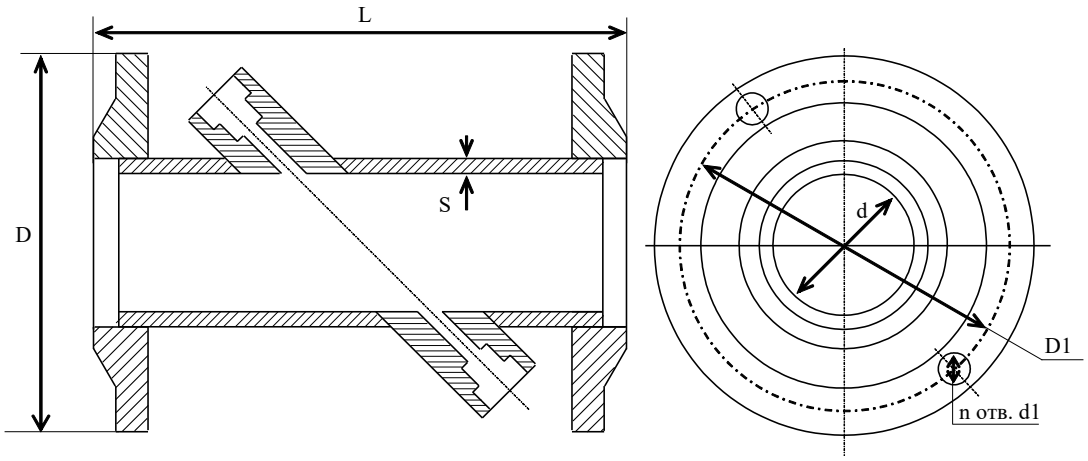
Срок гарантии – 3 года со дня отгрузки СУР потребителю

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

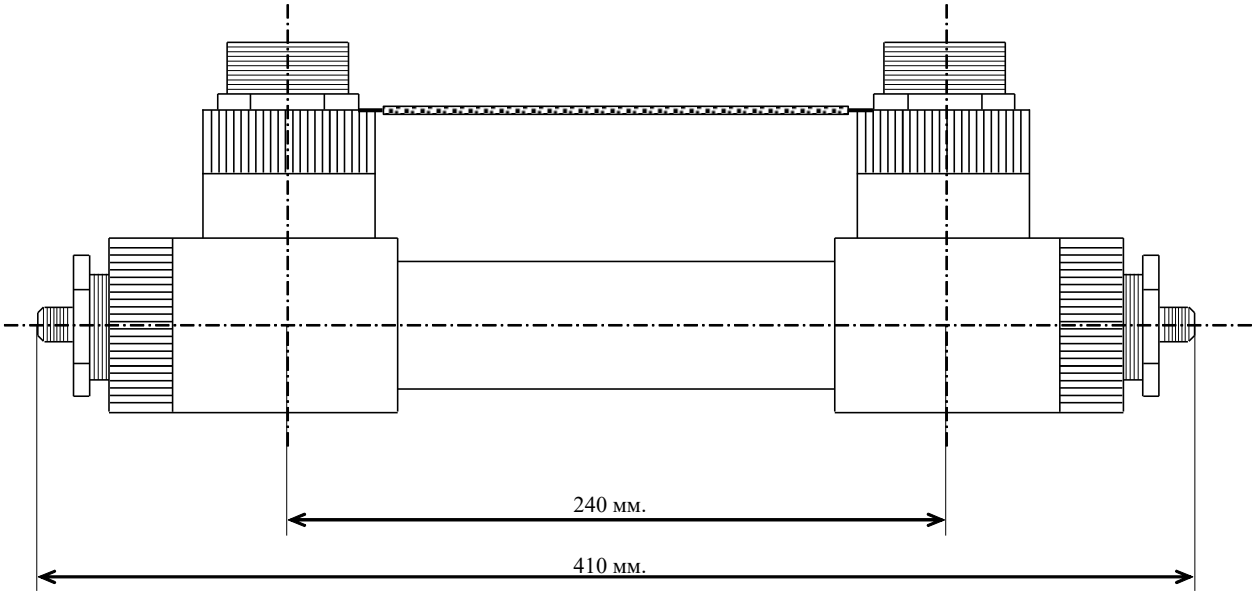
Габаритные и установочные размеры измерительного участка Ру-1,6МПа

Таблица Ж1 - Габаритные и установочные размеры измерительного участка Ру-1,6МПа

ДУ	L	D	D1	d*	S*	n	d1	Масса, не более, кг
32	350	135	100	30	3	4	18	5
40	300	145	110	39	3	4	18	6,5
50	300	160	125	51	3	4	18	7,6
65	350	180	145	67	3	4	18	9,1
80	350	195	160	81	4	4	18	11,6
100	350/450	215	180	98	5	8	18	16,7
125	400/500	245	210	123	5	8	18	24,5
150	400/500	280	240	149	5	8	22	29,7
200	500/600	335	295	207	6	8	22	45,5
250	600/700	405	355	257	8	12	26	55
300	700/800	460	410	305	10	12	26	60



Измерительный участок Ду-32-2000



Измерительный участок Ду-25

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Зависимость скорости распространения УЗС в воде от температуры при атмосферном давлении

Таблица И1 - Зависимость скорости распространения УЗС в воде от температуры при атмосферном давлении

t, ^{0}C	При t, ^{0}C									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	1402,4	1402,9	1403,4	1403,9	1404,4	1404,9	1405,4	1405,9	1406,4	1406,9
2	1412,3	1412,7	1413,2	1413	1414,2	1414,6	1415,1	1415,6	1415,1	1415,5
4	1421,6	1422,1	1422,5	14,23,0	1423,5	1423,9	1424,4	1424,8	1425,3	1425,7
6	1430,6	1431,0	1431,5	1431,9	1432,3	1432,8	1433,2	1433,6	1434,1	1434,5
8	1439,1	1439,5	1439,9	1440,4	1440,8	1441,2	1441,6	1442,0	1442,4	1442,8
10	1447,3	1447,7	1448,1	1448,5	1448,8	1449,2	1449,6	1450,0	1450,4	1450,8
12	1455,0	1455,4	1455,8	1456,1	1456,5	1456,9	1457,3	1457,6	1458,0	1458,4
14	1462,4	1462,7	1463,1	1463,4	1463,8	1464,2	1464,5	1464,9	1465,2	1465,6
16	1469,4	1469,7	1470,0	1470,4	1470,0	1471,1	1471,4	1471,7	1472,1	1472,4
18	1476,0	1476,3	1476,7	1477,0	1477,3	1477,6	1477,9	1478,3	1478,6	1478,9
20	1482,3	1482,6	1482,9	1483,2	1483,5	1483,8	1484,1	1484,4	1484,7	1485,0
22	1488,3	1488,6	1488,9	1489,2	1489,5	1489,7	1490,0	1490,3	1490,6	1490,9
24	1493,9	1494,2	1494,5	1494,8	1495,0	1495,3	1495,6	1495,9	1496,1	1496,4
26	1499,3	1499,6	1499,8	1500,1	1500,4	1500,6	1500,8	1501,1	1501,4	1501,6
28	1504,3	1504,6	1504,8	1505,1	1505,3	1505,6	1505,8	1506,0	1506,2	1506,5
30	1509,1	1509,3	1509,6	1509,8	1510,0	1510,3	1510,5	1510,7	1510,9	1511,2
32	1513,6	1513,8	1514,0	1514,2	1514,4	1514,7	1514,9	1515,1	1515,3	1515,5
34	1517,8	1518,0	1518,2	1518,4	1518,6	1518,8	1519,0	1519,2	1519,4	1519,6
36	1521,7	1521,9	1522,1	1522,3	1522,5	1522,7	1522,9	1523,1	1523,2	1523,4
38	1525,4	1525,6	1525,8	1525,9	1526,1	1526,3	1526,5	1526,7	1526,8	1527,0
40	1528,9	1529,0	1529,2	1529,4	1529,5	1529,7	1529,8	1530,0	1530,2	1530,3
42	1532,1	1532,2	1532,4	1532,5	1532,7	1532,8	1533,0	1533,1	1533,3	1533,4
44	1535,0	1535,2	1535,3	1535,4	1535,6	1535,7	1535,9	1536,0	1536,1	1536,3
46	1537,8	1537,9	1538,0	1538,1	1538,3	1538,4	1538,5	1538,7	1538,8	1538,9
48	1540,3	1540,4	1540,5	1540,6	1540,7	1540,9	1541,0	1541,1	1541,2	1541,3
50	1542,6	1542,7	1542,8	1542,9	1543,0	1543,1	1543,2	1543,3	1543,4	1543,5
52	1544,6	1544,7	1544,8	1544,9	1545,0	1545,1	1545,2	1545,3	1545,4	1545,5
54	1546,5	1546,6	1546,7	1546,8	1546,9	1547,0	1547,0	1547,1	1547,2	1547,3
56	1548,2	1548,3	1548,4	1548,4	1548,5	1548,6	1548,7	1548,7	1548,8	1548,9
58	154937	1549,8	1549,8	1549,9	1550,0	1550,0	1550,1	1550,2	1550,2	1550,3
60	1551,0	1551,0	1551,1	1551,2	1551,2	1551,3	1551,3	1551,4	1551,4	1551,5
62	1552,1	1552,1	1552,2	1552,2	1552,3	1552,3	1552,4	1552,4	1552,5	1552,5
64	1553,0	1553,1	1553,1	1553,1	1553,2	1553,2	1553,3	1553,3	1553,3	1553,4
66	1553,8	1553,8	1553,8	1553,9	1553,9	1553,9	1554,0	1554,0	1554,0	1554,1
68	1554,4	1554,4	1554,4	1554,4	1554,5	1554,5	1554,5	1554,5	1554,5	1554,6

Продолжение таблицы И1 - Зависимость скорости распространения УЗС в воде от температуры при атмосферном давлении

t, ^{0}C	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
70	1554,8	1554,8	1554,8	1554,8	1554,9	1554,9	1554,9	1554,9	1554,9	1554,9
72	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1
74	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1
76	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0
78	1554,8	1554,8	1554,8	1554,8	1554,8	1554,7	1554,7	1554,7	1554,7	1554,7
80	1554,5	1554,4	1554,4	1554,4	1554,4	1554,3	1554,3	1554,3	1554,3	1554,3
82	1553,9	1553,9	1553,9	1553,8	1553,8	1553,8	1553,8	1553,7	1553,7	1553,7
84	1553,3	1553,2	1553,2	1553,2	1553,1	1553,1	1553,0	1553,0	1553,0	1552,9
86	1552,5	1552,4	1552,4	1552,3	1552,3	1552,3	1552,2	1552,2	1552,1	1552,1
88	1551,5	1551,5	1551,4	1551,4	1551,3	1551,3	1551,2	1551,2	1551,1	1551,1
90	1550,5	1550,4	1550,3	1550,3	1550,2	1550,2	1550,1	1550,1	1550,0	1549,9
92	1549,3	1549,2	1549,1	1549,1	1549,0	1548,9	1548,9	1548,8	1548,7	1548,7
94	1547,9	1547,8	1547,8	1547,7	1547,6	1547,6	1547,5	1547,4	1547,3	1547,3
96	1546,5	1546,4	1546,3	1546,2	1546,1	1546,1	1546,0	1545,9	1545,8	1545,7
98	1544,9	1544,8	1544,7	1544,6	1544,5	1544,4	1544,4	1544,3	1544,2	1544,1
100	1543,1	1543,1	1543,0	1542,9	1542,8	1542,7	1542,6	1542,5	1542,4	1542,3

Примечание - Данные заимствованы из монографии «Александров А.А., Трахтенгерц М.С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 100 с. – (Государственная служба стандартных справочных данных. Сер.: Монографии)».

Таблица И1а - Зависимость скорости ультразвука в воде в широком диапазоне температур и давлений (м/с)

t=2^{0}C		t=4^{0}C		t=5^{0}C		t=10^{0}C		t=20^{0}C		t=30^{0}C	
P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с
30,458	1461,06	30,459	1470,64	30,458	1475,28	30,458	1496,75	30,461	1532,53	30,459	1560,07
25,561	1452,85	25,561	1462,37	25,561	1467,06	25,560	1488,55	25,565	1524,31	24,582	1550,20
15,765	1436,75	15,765	1446,29	30,663	1458,99	20,663	1480,49	20,667	1516,20	19,683	1541,98
10,867	1428,95	10,867	1438,46	15,765	1450,97	15,764	1472,41	15,768	1508,10	14,787	1533,78
5,092	1419,95	5,0918	1429,41	10,867	1443,15	10,867	1464,43	10,870	1500,03	9,888	1525,56
0,0969	1412,33	0,09435	1421,71	5,0929	1434,04	5,0923	1455,22	5,0958	1490,53	5,0931	1517,54
				0,09586	1426,31	0,09494	1447,32	0,0986	1482,40	0,09585	150918

Продолжение таблицы И1а - Зависимость скорости ультразвука в воде в широком диапазоне температур и давлений (м/с)

t=75^{0}C		t=100^{0}C		t=130^{0}C		T=150^{0}C		t=200^{0}C	
P, Мпа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с	P, МПа	ω, м/с
30,463	1612,39	30,465	1605,84	30,463	1574,59	30,462	1542,26	30,460	1428,27
20,565	1603,35	25,566	1596,04	25,566	1563,58	25,565	1530,23	25,563	1412,88
20,668	1594,26	20,668	1586,10	20,668	1552,43	20,667	1518,06	20,666	1397,12
15,769	1585,05	15,769	1576,07	15,770	1541,03	15,769	1505,58	15,777	1380,84
10,871	1575,77	10,872	1565,92	10,872	1529,49	10,871	1492,80	10,870	1364,02
5,0978	1564,72	5,0968	1553,73	5,0973	1515,53	5,0968	1477,39	5,0961	1343,47
0,09843	1555,06	0,09936	1543,07	0,2731	1503,63	0,4915	1464,80	1,5891	1330,47

Примечание - «Экспериментальное определение скорости ультразвука в воде в широком диапазоне температур и давлений». Александров А.А., Ларкин Д.К. Журнал «Теплоэнергетика», №2, 1976, стр 75.

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Значения коэффициентов гидравлического трения для труб из различных материалов

Таблица К1

Виды труб и материал	Состояние поверхности труб	Условный диаметр, мм					
		100-200	400-500	600-700	800-900	1000-1200	1400-1600
Стальные цельносварные	Новые	0,013	0,012	0,011	0,011	0,011	0,010
	Умеренно корродированные	0,021	0,019	0,017	0,016	0,015	0,014
	Значительно корродированные	0,027	0,025	0,023	0,022	0,021	0,019
Стальные сварные	Новые	0,016	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011
	Спиральносварные новые	0,018	0,014	0,013	0,012	0,012	0,011
	Частично корродированные	0,020	0,014	0,013	0,012	0,012	0,011
	Значительно корродированные	0,030	0,029	0,026	0,024	0,022	0,022
	Со слабыми отложениями	0,028	0,025	0,024	0,022	0,021	0,020

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Коэффициент кинематической вязкости воды при атмосферном давлении (10^{-6} м^2/с) в зависимости от температуры воды.

Таблица Л1

t, ^{0}C	При t, ^{0}C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,793	1,732	1,675	1,621	1,569	1,520	1,474	1,429	1,387	1,347
10	1,308	1,272	1,237	1,203	1,171	1,1401	1,1107	1,0825	1,0554	1,0294
20	1,0045	0,9805	0,9574	0,9353	0,9139	0,8934	0,8736	0,8545	0,8361	0,8184
30	0,8012	0,7847	0,7687	0,7533	0,7383	0,7239	0,7099	0,6964	0,6833	0,6706
40	0,6583	0,6464	0,6348	0,6236	0,6127	0,6022	0,5919	0,5820	0,5723	0,5629
50	0,5537	0,5449	0,5362	0,5278	0,5196	0,5116	0,5039	0,4963	0,4890	0,4818
60	0,4748	0,4680	0,4613	0,4549	0,4485	0,4424	0,4363	0,4305	0,4247	0,4191
70	0,4137	0,4083	0,4031	0,3980	0,3930	0,3881	0,3833	0,3787	0,3741	0,3691
80	0,3653	0,3610	0,3568	0,3527	0,3487	0,3448	0,3410	0,3372	0,3335	0,3299
90	0,3264	0,3229	0,3195	0,3162	0,3129	0,3097	0,3065	0,3035	0,3004	0,2975
100	0,2945	0,2917	0,2889	0,2861	0,2834	0,2808	0,2782	0,2756	0,2731	0,2706
110	0,2682	0,2658	0,2635	0,2612	0,2589	0,2567	0,2545	0,2524	0,2503	0,2482
120	0,2462	0,2442	0,2422	0,2403	0,2384	0,2365	0,2347	0,2328	0,2311	0,2293
130	0,2276	0,2259	0,2242	0,2225	0,2209	0,2193	0,2177	0,2162	0,2147	0,2132
140	0,2117	0,2102	0,2088	0,2074	0,2060	0,2046	0,2033	0,2019	0,2006	0,1993
150	0,1981									

Александров А.А., Трахтенгерц М.С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении. М.: Издательство стандартов, 1977. 100 с. (Государственная служба стандартных справочных данных. Сер.: Монографии.).

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Таблица М1 – Метрологические характеристики средств измерений, задействованных при поверке СУР

Наименование и тип	**Контролируемый параметр.**	**Класс точности, погрешность**
1	2	3
Установка поверочная проливная.	Объем жидкости	Диапазон расходов должен соответствовать модификации СУР, ПГ ± 0,33·δ_φ % (δ_φ - из таблицы 3 ТУ)
Частотомер Ч3-63/1 ДЛИ2.721.007-02 ТУ	Частота, период, отношение частот	Измерение частоты 0,1…200·10^6 Гц $ПГ = \pm\left\{\delta_o + \frac{1}{f_{изм}\cdot\tau_{сч}}\right\}$, где δ_o – относительная погрешность по частотеи кварцевого генератора $5\cdot10^{-7}$, $f_{изм}$- измеряемое значение частоты, Гц, $\tau_{сч}$- время счета, с Измерение периода 10^{-7}…10^4 с $ПГ = \pm\left\{\lvert\delta_o\rvert + \lvert\delta_{зап}\rvert + \left\lvert\frac{T_o}{n\cdot T_{изм}}\right\rvert\right\}$, где T_o- период меток времени, с; $T_{изм}$- измеряемое значение периода, с; n-количество измеряемых. $\delta_{зап}$ – погрешность запуска $\delta_{зап} = \pm\frac{\sigma_ш + 0{,}3\cdot U_П}{U_m\cdot n}$, где $U_П$ - пиковое значение помехи, В, U_m амплитуда входного сигнала, В, $\sigma_ш$-$250\cdot10^{-6}$ – СКО шума измерительного тракта. Измерение отношения частот. $ПГ = \lvert\delta_{зап.н}\rvert + \left\lvert\frac{f_1}{f_2\cdot n}\right\rvert$, где $\delta_{зап.н}$ – погрешность запуска низшей из сравниваемых частот, f_1 – низшая из сравниваемых частот, f_2 – высшая из сравниваемых частот $\delta_{зап} = \pm2\cdot\frac{3\cdot\sigma_ш + U_П}{S\cdot T_{изм}\cdot n}$, где S – крутизна перепада напряжения измеряемого сигнала
Пульт поверки счетчика СУР-97	Частота, количество импульсов	-

Продолжение таблицы М1

1	2	3
Вольтметр цифровой В7-40 Тг 2.710.016 ТУ	Ток, напряжение	Погрешности измерения: по переменному напряжению $\pm [0{,}6 + 0{,}1 (\frac{U_к}{U_х} - 1)]$ % по переменному току $\pm [1 + 0{,}1 (\frac{I_к}{I_х} - 1)]$ % по постоянному току $\pm [0{,}2 + 0{,}02 (\frac{I_к}{I_х} - 1)]$ % Uк, Iк – предел измерения; Ux, Ix – измеренное значение параметра.
Секундомер механический СОС пр-2б-2-000 ГОСТ 5072-79	Измерения временных интервалов, (0…60) мин	ПГ ± 1,6 с
Штангенциркуль ШЦ- II ГОСТ 166-89	Линейные размеры до 150 мм	ПГ ± 0,05 мм
Нутромер микрометрический НМ 600, ГОСТ 10-75	Линейные размеры до 600 мм	ПГ ± 0,015 мм
Угломер 2-2 ГОСТ 5378-88	Угол от 0 до 180°	ПГ ± 2 /
Установка для создания гидравлического давления, манометр технический ВПИ 40 кгс/см^2 ГОСТ 2405	Испытательное давление до 25 кг/см^2	Кт 0,4
Автотрансформатор лабораторный ЛАТР-1М ТУ 16-517.216-69	Номинальное напряжение 220 В, ток нагрузки 4,0 А	-
Барометр М-67 МИ 1802-87	(620-790) мм рт. ст.	ПГ ± 0,8мм рт. ст.
Психрометр МВ—4М СТП 76.09-90	(10-100) %	ПГ ± 7 %
Термометр ТЛ-4 ТУ 25-2021.003-88	(0-50)оС	ПГ ± 0,2 ºС
Универсальная пробойная установка УПУ-1М АЭ2.771.001 ТУ	Напряжение (от 0 до 10000 В	ПГ ± 9 %

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	N докум	Входящий N сопроводи-тельного до-кум. и дата	Подп.	Дата
	изме нен ных	заме нен ных	но-вых	анну лиро ванн					