

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель ГЦИ СИ  
Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест - Москва»

\_\_\_\_\_ А.С. Евдокимов

« 22 » ноября 2012 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА  
ИЗМЕРЕНИЙ

Расходомеры-счетчики ультразвуковые  
УВР-011

Методика поверки

МП РТ 1845-2012

Москва  
2012 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая инструкция распространяется на расходомеры-счетчики ультразвуковые УВР-011 (далее - расходомеры), выпускаемые ООО «Росэнергоучет» (Россия, г. Белгород), модификаций А1, А2 и А5 и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичную поверку расходомеров с врезными секциями (ВС) проводят:

– для расходомеров с номинальными диаметрами до Ду80 – проливным методом на расходомерной установке;

– расходомеров с номинальными диаметрами свыше Ду80 (кроме расходомеров модификаций А5) – имитационным методом;

– для расходомеров модификаций А5 – только проливным методом;

Первичную поверку расходомеров с накладными и врезными преобразователями электроакустическими (ПЭА) проводят имитационным методом.

Периодическая поверка расходомеров выполняется имитационным методом (кроме расходомеров модификаций А5).

Межповерочный интервал расходомеров модификаций А1 и А2 (общепромышленный вариант) - 4 года.

Межповерочный интервал расходомеров модификации А2 (с накладными ПЭА и относительной погрешностью измерения объемного расхода и объема жидкости  $\pm 0,5\%$ ) - 2 года.

Межповерочный интервал расходомеров модификации А5 - 2 года.

Рекомендуемый интервал между калибровками - два года.

## 1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операций при поверке	
		Проливной метод	Имитационный метод
1. Проверка маркировки, комплектности и внешнего вида	6.1	да	да
2. Проверка электрического сопротивления изоляции	6.2	да	да
3. Опробование	6.3	да	да
4. Контроль геометрических параметров расходомера	6.4	нет	да
5. Опробование кварцевого калибратора	6.5	нет	да
6. Определение дискретности времени кварцевого калибратора	6.6	нет	да
7. Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода	6.7	да	да
8. Определение основной относительной погрешности измерения объема	6.8	да	да
9. Определение дополнительной приведенной погрешности при преобразовании объемного расхода в выходной сигнал постоянного тока	6.9	да	да
10. Проверка идентификационных данных ПО	7	да	да

Примечания:

1. Операцию по п. 4 не проводят для расходомеров с накладными ПЭА.
2. Операции по п.п. 5 и 6 проводят для расходомеров модификаций А2, укомплектованных встроенным калибратором.
3. Для расходомеров модификаций А1 и А2 операции по п.п. 7, 8 выполняют для каждого рабочего канала.
- 4 Операцию по п. 9 выполняют для расходомеров, укомплектованных узлом токового выхода.

**1.2** Результаты операций поверки заносят в протокол, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А.

## **2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ**

**2.1** При проведении поверки применяют перечисленные ниже средства поверки и вспомогательное оборудование:

- установки поверочные для воспроизведения объемного расхода воды, ПГ =  $\pm 0,05$  %;
- рулетка измерительная Р5У2К по ГОСТ 7502-98;
- угломер УО, УО2 ГОСТ 11197, основная погрешность не более  $0,5^\circ$ ;
- нутромер индикаторный НИ, КТ 2;
- штангенциркуль цифровой серии 551, диапазон измерений  $(0 \div 1000)$  мм, ПГ =  $\pm 0,05$  мм;
- толщиномер ультразвуковой УТ-93П, ПГ =  $\pm 0,2$  мм;
- вольтметр универсальный цифровой В7-40, ПГ =  $\pm 0,1$  %, при измерении постоянного тока;
- осциллограф С1-127, диапазон измерения  $0 \div 20$  МГц;
- частотомер электронно-счётный ЧЗ-63, ПГ =  $\pm 5 \cdot 10^{-7} + 1$  ед. сч.
- секундомер СОПр-2а-2-010 «Агат» 4282Н, ПГ =  $\pm 1$  с;
- мегаомметр М4100/3 с рабочим напряжением 500 В;
- программное обеспечение для работы с расходомером УВР-011А, 636128.050-05 ПО;
- кабель связи ЭВМ – УВР, 011.636128.047 ЭЗ;
- имитатор трубопровода В.392.00.00.000.

**2.2** Допускается применение других средств поверки, удовлетворяющих требованиям по точности и диапазону измерения.

**2.3** Все применяемые средства поверки должны быть поверены или аттестованы в установленном порядке.

## **3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

**3.1** Лица, проводящие поверку, должны быть ознакомлены с правилами (условиями) безопасной работы расходомеров и средств поверки, указанными в РЭ на них.

**3.2** При поверке расходомеров необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019, ГОСТ 12.3.006, а также правила техники безопасности.

## **4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

**4.1** При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха  $+(20 \pm 10)$  °С;
- температура поверочной среды  $+(20 \pm 5)$  °С;
- дрейф температуры поверочной среды не должен превышать  $3$  °С/ч;
- относительная влажность окружающего воздуха  $(30 \div 80)$  %;
- атмосферное давление  $(84 \div 106)$  кПа;
- поверочная среда – вода.
- отсутствие вибрации, тряски, ударов, влияющих на работу расходомера

## 5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

**5.1** При первичной поверке допускается использовать технологические сигнальные кабели.

**5.2** Перед периодической поверкой проконтролировать соответствие значений внутреннего диаметра трубопровода и скорости распространения ультразвука в жидкости, внесенных в память расходомера со значениями, внесенными в паспорт узла учета жидкости. В случае расхождения значений, внести в электронную память расходомера паспортные значения внутреннего диаметра трубопровода и скорости распространения ультразвука в жидкости.

**5.3** Допускается периодическую поверку электронного блока расходомера (далее – БЭ) выполнять с использованием технологических ПЭА и сигнальных кабелей. Чтобы убедиться в исправности штатных кабелей и ПЭА, выполнить проверку настройки расходомера согласно указаниям РЭ. ПЭА и кабели считаются пригодными для эксплуатации, если значение параметра настройки «Коэффициент усиления» (приемника) лежит в пределах 25...230 единиц.

**5.4** Поверку расходомеров проливным методом выполнять на стенде согласно схемам Б.2 и Б.3, приведенным в Приложении Б

**5.5** При выполнении поверки расходомера имитационным методом необходимо:

- собрать стенд для испытаний расходомера (см. приложение Б.1.);
- включить ЭВМ и расходомер;
- имитатор трубопровода заполнить водой и выдержать 3...5 мин для успокоения колебаний уровня воды;
- установить на ЭВМ программное обеспечение (далее - ПО) для работы с расходомером;
- подключить к СОМ-порту ЭВМ кабель связи с расходомером;
- Вывести на ЖКИ (дисплей ЭВМ) показания счетчика - скорость потока;

*Примечания:* При поверке имитационным методом расходомеров с врезными секциями (далее – ВС), можно использовать ВС из комплекта расходомера в качестве имитатора трубопровода (для расходомеров модификаций А1 и А2).

**5.6** ПЭА расходомеров с накладными и врезными ПЭА установить на имитатор трубопровода, согласно схеме, приведенной в приложении Б.1.

**5.7** При поверке на месте эксплуатации, обеспечить неподвижность жидкости в трубопроводе (отключить насосные агрегаты и закрыть задвижки на входе и выходе измерительного участка).

**5.8** Используя измеренное среднее значение внутреннего диаметра имитатора трубопровода (ВС) -  $D$ , мм, рассчитать по таблице 2 и занести в протокол поверки значения объемных расходов:

- минимального -  $Q_1$ ;
- переходного -  $Q_2$ ;
- максимального -  $Q_3$ .

Таблица 2.

Расход, $м^3/ч$	Модификация А1	Модификации А2		Модификация А5
	Врезные ПЭА	Накладные ПЭА	Врезные ПЭА	Врезные ПЭА
$Q_1$	$198 \cdot D^2$	$282,7 \cdot D^2$	$282,7 \cdot D^2$	$282,7 \cdot D^2$
$Q_2$	$(0,3/D) \cdot Q_1$ при $D < 0,3 м$ , $Q_2 = Q_1$ при $D \geq 0,3 м$	$(0,83/D) \cdot Q_1$ при $D < 0,83 м$ , $Q_2 = Q_1$ при $D \geq 0,83 м$	$(0,4/D) \cdot Q_1$ при $D < 0,4 м$ , $Q_2 = Q_1$ при $D \geq 0,4 м$	$5 \cdot Q_1$
$Q_3$	$143 \cdot Q_1$	$100 \cdot Q_1$	$100 \cdot Q_1$	$10 \cdot Q_1$

**5.9** При поверке имитационным методом занести в электронную память расходомера значения констант из таблицы 3. Для расходомера с врезной секцией, задать значения  $D$  и  $C_{л}$ , указанные в паспорте расходомера. При периодической поверке, константы настройки расходомера не изменять (использовать настройку, соответствующую условиям эксплуатации).

Таблица 3

Наименование константы, параметра	Условное обозначение	Значение
Внутренний диаметр трубопровода (врезной секции), м	$D$	0,1*
Конфигурация измерительной схемы ПЭА	$Конф.$	V
Скорость распространения ультразвука в жидкости, м/с	$C_{ж}$	1482,7**
Скорость распространения ультразвука в материале призмы (для накладных ПЭА), в материале протектора (для ПЭА во врезных секциях), м/с	$C_{п}$	2700 (оргстекло) 2870 (финелон)
Крутизна характеристики преобразования	$S_g$	1,000
Коррекция «нуля скорости»	$\pm\delta t$	0
Ширина окна скользящего усреднения, смежных измерений	$K_S$	16
Диапазон сигналов токового выхода***, мА	$I_{out}$	4 - 20
Значение расхода***, соответствующего минимальному сигналу токового выхода, м <sup>3</sup> /ч	$Q_H$	0
Значение расхода***, соответствующего максимальному сигналу токового выхода, м <sup>3</sup> /ч	$Q_B$	$Q_3$

Примечания: 1. \* - указать действительное значение диаметра (с точностью до 0,001 м).  
При использовании имитатора расхода задать  $D = 0,090$  м;  
2. \*\* - скорость распространения ультразвука в воде при 20 °С;  
3. \*\*\* - задавать для счетчиков, оборудованных узлом токового выхода.

## 6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 6.1 Проверка комплектности, маркировки и внешнего вида

Проверка комплектности, маркировки и внешнего вида проводится визуально. При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид корпуса и назначение соединителей соответствуют НД;
- БЭ, ПЭА и кабели не должны иметь механических повреждений, препятствующих нормальной работе расходомера;
- высокочастотные разъемы кабелей должны быть чистыми и без механических повреждений;
- маркировка должна быть четкой и легко читаемой;
- пломбы, исключая несанкционированный доступ к узлам регулирования расходомера, должны иметь четкие оттиски.

### 6.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

Данную проверку выполнить при помощи мегаомметра постоянного тока с рабочим напряжением не менее 500 В. Проверке подвергается составная часть расходомера, имеющая питание от сети переменного тока 220 В.

- Измерить электрическое сопротивление изоляции БЭ (БПС) между клеммой заземления и короткозамкнутыми между собой штырями вилки сетевого питания.
- Отсчет показаний мегаомметра выполнить по истечении 40...60 с после приложения напряжения.

Результат проверки считается положительным, если электрическое сопротивление изоляции цепей электропитания БЭ (БПС) относительно клеммы заземления не менее 20 МОм.

### 6.3 Опробование

Опробование выполнить в режиме обмена данными расходомера и ЭВМ.

#### 6.3.1 Проверка связи с ЭВМ

- Включить питание расходомера и ЭВМ;
- Руководствуясь указаниями РЭ, запустить на ЭВМ ПО для работы с расходомером.

Если ЭВМ не установила связь с расходомером, проверить правильность настроек интерфейсных узлов расходомера и ЭВМ, после чего повторить процедуру поиска расходомера. Если расходомер обнаружен, вывести на дисплей ЭВМ значения параметров настройки расходомера.

Результат проверки считается положительным, если выполняются условия:

- ЭВМ устойчиво поддерживает связь с расходомером;
- на дисплее отображаются значения параметров настройки расходомера;
- обеспечивается возможность коррекции параметров настройки (после ввода пароля).

### 6.3.2 Проверка неизменности показаний расходомера при отсутствии расхода

- Полностью остановить расход жидкости. На экране расходомера (компьютера) не должны отображаться ошибки.
- Вывести на дисплей ЭВМ значение скорости потока жидкости, измеренное расходомером, и убедиться, что она лежит в пределах  $\pm 0,003$  м/с. В противном случае выполнить процедуру коррекции «нуля скорости» расходомера согласно указаниям РЭ.
- Вывести на дисплей расходомера показания объема жидкости, и в течение 2 мин наблюдать за его изменениями.
- Результат операции считается положительным, если в течение 2 мин показания расходомера в режиме индикации объема изменятся на величину, не превышающую 0,01 % от объема жидкости, который регистрирует расходомер за 1 час работы при расходе  $Q_3$ .

### 6.3.3 Опробование кварцевого калибратора расходомеров модификаций А2

Опробование кварцевого калибратора расходомеров модификаций А2 выполнить с применением ЭВМ.

- От БЭ отключить сигнальные кабели ПЭА. Для доступа к технологическим разъемам на печатной плате БЭ снять лицевую панель, а затем защитный металлический экран;
- Соединить кабелем 636128.069-01 ЭЗ разъем на печатной плате БЭ, маркированный надписью «Гкв», со входом канала А осциллографа (верхний луч).
- Разъем, маркированный надписью «Тимп», подключить ко входу канала Б осциллографа.
- Включить синхронизацию осциллографа по каналу А и убедиться, что сигнал «Гкв» является периодическим и имеет амплитуду более 3 В, частоту более 10 МГц.
- В ПО ЭВМ, в меню «Настройка приборов» выбрать раздел «Проверка».
- Задать режим «Контроль калибратора».
- При появлении на дисплее ЭВМ сообщения «Калибратор выключен. Включить?» дать утвердительный ответ.

*Примечание: Имитация скорости потока обеспечивается тем, что при излучении «по потоку» (от первого ПЭА до второго) калибратор увеличивает время распространения сигнала на  $N_{dirU}$  дискрет времени, а «против потока» (от второго до первого ПЭА) - на  $N_{dirD}$  дискрет. С увеличением модуля разности ( $N_{dirD} - N_{dirU}$ ) имитируемая скорость потока возрастает.*

- Проверить работу калибратора. На дисплее ЭВМ в окне  $N_{dirD}$  задать число дискрет времени равное 239. В окне  $N_{dirU}$  задать число дискрет времени равное 236. Чтобы зафиксировать результат настройки калибратора, «нажать» (курсором «мыши») кнопку «Установить».
- Включить синхронизацию осциллографа по каналу Б (нижний луч). Отрегулировать уровень синхронизации так, чтобы на нижнем луче наблюдался импульс положительной полярности с уровнем ТТЛ и длительностью около 190 мкс. На верхнем луче при этом должно наблюдаться устойчивое изображение сигнала кварцевого генератора.
- Изменяя число дискрет времени в окне  $N_{dirU}$ , убедиться, что при увеличении разности ( $N_{dirD} - N_{dirU}$ ) на единицу, длительность импульса на нижнем луче увеличивается на интервал, кратный одному периоду кварцевого генератора. Это является подтверждением того, что шаг изменения задержки (одна дискрета) равен одному периоду колебаний кварцевого генератора.

## 6.4 Контроль геометрических параметров расходомера

К геометрическим параметрам расходомера относятся:

- средний внутренний диаметр врезной секции или измерительного участка трубопровода ( $D$ ),
- средняя толщина стенки в плоскости ПЭА ( $h$ ),
- угол наклона каждого акустического канала (держателей ПЭА), ( $\alpha$ ),
- длина каждого акустического канала ( $L_b$ ),

**6.4.1** Измерение внутреннего диаметра ( $D$ ) и толщины стенки ( $h$ ) трубопровода для расходомеров с врезными секциями и врезными ПЭА

**6.4.1.1** Измерение внутреннего диаметра ( $D$ ) трубопровода для расходомеров с врезными секциями при первичной и периодической поверках в условиях лаборатории

Измерение внутреннего диаметра  $D$  выполнить нутромером (штангенциркулем) в двух сечениях на расстоянии  $(0,3...0,5) \cdot D_{\text{н}}$  от фланцев, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. В каждой из плоскостей провести три измерения. За результат измерений принять среднее арифметическое значение результатов 12 измерений диаметра.

Сравнить измеренные значения  $D$  со значениями, указанными в паспорте расходомера (узла учета). Предельно допустимые отклонения от значений  $D$ , указанных в паспорте, даны в таблице 4. Если отклонение нового значения  $D$  от паспортной величины больше допустимого, в паспорт расходомера (узла учета) внести новое значение  $D$ , при этом запись в паспорте должна быть заверена подписью и оттиском клейма поверителя.

Таблица 4.

Номинальный диаметр $D_{\text{н}}$ , мм	Допускаемое отклонение, мм	Номинальный диаметр $D_{\text{н}}$ , мм	Допускаемое отклонение, мм
25	$\pm 0,05$	200	$\pm 0,30$
32 ... 65	$\pm 0,06$	250 ... 300	$\pm 0,37$
80 ... 150	$\pm 0,16$	500 и более	$\pm 0,75$

*Примечание:* При периодической поверке, после демонтажа ВС расходомера с трубопровода, очистить ее от отложений и промыть.

**6.4.1.2** Измерение внутреннего диаметра ( $D$ ) и толщины стенки ( $h$ ) трубопровода для расходомеров с врезными ПЭА на месте эксплуатации:

- Очистить поверхность трубопровода на участке между ПЭА от грязи, тепло- и гидроизоляции.
- Рулеткой измерить окружность трубопровода  $L_{\text{ОКР}}$ . Измерение выполнить три раза. За результат измерения  $L_{\text{О}}$  принять среднее арифметическое значение окружности.

- Вычислить наружный диаметр трубопровода:

$$D_{\text{Н}} = L_{\text{ОКР}} / 3,1416, \quad (1)$$

- Разметить на поверхности трубопровода 4 точки (рисунок 1).
- Точку 1 разметить на верхней образующей трубопровода, точки 2, 3 и 4 на расстояниях от точки 1, равных  $L_{\text{ОКР}}/8$ ,  $L_{\text{ОКР}}/4$  и  $5 \cdot L_{\text{ОКР}}/8$  соответственно.

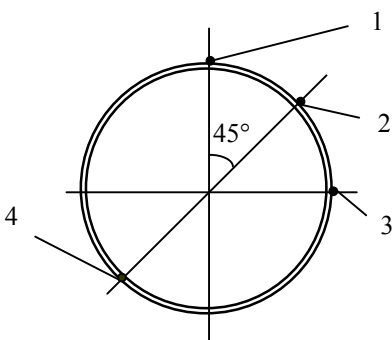


Рисунок 1

- Ультразвуковым толщиномером три раза измерить толщину стенки трубопровода в точке 2 и в точке 4.
- Вычислить среднее значение толщины  $h_2$  (в точке 2) и  $h_4$  (в точке 4).

- Вычислить внутренний диаметр трубопровода:

$$D = D_{\text{Н}} - (h_2 + h_4), \quad (2)$$

- Вычислить среднее значение толщины стенки трубопровода:

$$h = (h_2 + h_4) / 2, \quad (3)$$

- Занести значения  $D$  и  $h$  в расходомер и протокол поверки.

**6.4.2** Измерение внутреннего диаметра ( $D$ ) и толщины стенки ( $h$ ) трубопровода для расходомеров с накладными ПЭА

Для расходомеров с накладными ПЭА, измерение толщины стенки  $h$  и измерение внутреннего диаметра  $D$  выполняют по п. 6.4.1.2,

**6.4.3** Контроль угла наклона акустического канала в ВС

Контроль угла наклона акустического канала в ВС выполняется путем рассмотрения материалов по результатам измерения геометрических размеров ВС, предоставленных отделом технического контроля (ОТК) предприятия-изготовителя.

Результат проверки считается положительным, если предприятие-изготовитель врезной секции подтверждает (печатью и подписями ОТК) соответствие геометрических размеров секции чертежам.

#### 6.4.4 Контроль угла наклона акустического канала в трубопроводе с врезными ПЭА

Для каждого акустического канала, измерить углы  $\beta$  - углы наклона держателей ПЭА по отношению к образующей трубопровода (рисунок 2).

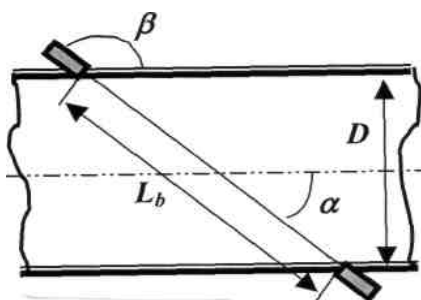


Рисунок 2

Вычислить угол наклона  $\alpha$  акустического канала (отрезка между точками пересечения линий, соединяющих центры ПЭА с образующими внутренней поверхности трубопровода) расходомера по формуле

$$\alpha = 180 - \beta, \quad (4)$$

Измерение повторить три раза для каждого держателя, за значение угла принять среднее значение по трем измерениям.

Сравнить значения углов наклона держателей, указанные в протоколе линейно-угловых измерений (и в паспорте), с измеренными значениями.

Результат проверки считается положительным, если отличия соответствующих значений углов наклона не превышают  $0,5^\circ$ .

#### 6.4.5 Расчёт длины акустического канала

Вычислить, используя полученные значения  $D$  и  $\alpha$ , длину акустического канала  $L_b$  по формуле

$$L_b = \frac{D}{\sin \alpha}, \quad (5)$$

Занести полученные результаты в протокол поверки. Значения  $D$ ,  $\alpha$  и  $L_b$  ввести в расходомер в качестве параметров настройки.

*Примечание:* Операции по п.п. 6.4.4 и 6.4.5 выполнять для расходомеров, укомплектованных одной парой ПЭА, установленных в трубопровод по «Z – схеме» (по хорде, проходящей через ось трубопровода). При монтаже ПЭА по более сложным схемам установки или по двум хордам с использованием технологии разметки и специализированного оборудования предприятия-изготовителя (защищены патентами РФ №2354537 и №2351837) использовать значения  $D$ ,  $\alpha$  и  $L_b$  из протокола монтажа или паспорта на расходомер.

#### 6.5 Определение дискреты времени кварцевого калибратора расходомеров модификации А2

- Отключить кабель от входа А осциллографа и подключить ко входу частотомера.
- Измерить с точностью до 1 Гц значение частоты генератора «Гкв».
- Вычислить значение дискреты времени калибратора:

$$\delta t^* = 1/F_{кв}, \quad (6)$$

где  $F_{кв}$  – значение частоты, Гц.

- Значение частоты  $F_{кв}$  и дискреты времени  $\delta t^*$  занести в протокол поверки.

Результат операции считается положительным, если значение дискреты времени калибратора  $\delta t^*$  лежит в диапазоне от 62,49 до 62,51 нс.

#### 6.6 Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода

**6.6.1** Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода расходомеров модификаций А1, А2 и А5 с врезными секциями **проливным методом**

Поверка расходомеров осуществляется на поверочной проливной (трубопоршневой) установке. Для поверки необходимо выполнить следующие действия:

- Смонтировать расходомер в измерительном канале проливной установки (Приложение Б, схемы Б.2 и Б.3).



- Частотно-импульсный выход расходомера подключить ко входу устройства обработки информации (контроллеру) проливной установки.
- Включить расходомер в режим тестирования частотного выхода и убедиться, что УОИ регистрирует импульсы расходомера.
- Вывести на показывающее устройство расходомера или на дисплей ЭВМ значение параметра «цена импульса»  $\delta V_1$ . Ввести значение параметра  $\delta V_1$  в контроллер проливной установки.
- Вычислить значение объема:  $V_O = 1000 \cdot \delta V_1$ . При этом аппаратная погрешность, вызванная ошибкой счёта контроллера на один импульс, не превысит 0,1 %.

*Примечание:* При определении основной относительной погрешности расходомера выполнять пролив объема жидкости, равного или превышающего объем  $V_O$ , но при этом время одного пролива должно быть не менее 60 секунд.

- Задать в расходомере значение параметра настройки  $S_g$ , равное 1,000.
- Врезную секцию расходомера установить на измерительный участок проливной установки и заполнить жидкостью. Для удаления пузырьков воздуха из жидкости задать расход, близкий к максимальному расходу  $Q_3$  (обычно  $(0,5 \dots 0,9) \cdot Q_3$ ), и поддерживать его в течение 3...5 мин.
- В течение времени пролива объема жидкости  $V_O$  регистрировать импульсы частотного выхода расходомера.
- По показаниям установки записать в протокол измеренный объем  $V_{И}$ , м<sup>3</sup>.
- Вычислить рабочее значение  $S_g$ :

$$S_g = \frac{V_O}{V_{И}}, \quad (7)$$

- Ввести в расходомер значение  $S_g$ .
- Выбрать граничные значения расхода  $Q_O$  исходя из технических характеристик расходомера:
- $Q_{O\text{мин}}$  принять равной большему из двух значений: минимальный расход проливной установки и значение, равное  $2 \cdot Q_1$ ;
- $Q_{O\text{макс}}$  принять равным значению, равному  $0,95 \cdot Q_3$ .

*Примечание:* Если максимальный рабочий расход проливной установки меньше  $Q_3$ , то допустимо задать расход в диапазоне от  $0,5 \cdot Q_3$  до  $0,95 \cdot Q_3$ .

- Вычислить значения заданного расхода  $Q_O$  для значений:  $Q_{O\text{мин}}$ ,  $0,25 \cdot Q_{O\text{макс}}$ ,  $0,5 \cdot Q_{O\text{макс}}$ ,  $0,75 \cdot Q_{O\text{макс}}$  и  $Q_{O\text{макс}}$ . Занести эти данные в протокол поверки.
- Задать первое (очередное) значение расхода  $Q_O$ , провести пролив объема воды  $V_O$ . Значения расхода  $Q_O$  устанавливать с погрешностью  $\pm 5\%$ , обеспечивая при этом нахождение внутри диапазона, ограниченном значениями  $Q_{O\text{мин}}$  и  $Q_{O\text{макс}}$ .
- В ходе пролива регистрировать импульсы частотного выхода расходомера. По показаниям УОИ вычислить измеренные объем  $V_{И}$ , м<sup>3</sup>.
- Вычислить относительную погрешность расходомера  $\delta Q$ , %:

$$\delta Q = \left( \frac{V_{И}}{V_O} - 1 \right) \cdot 100. \quad (8)$$

- Результаты измерений и вычислений занести в протокол по форме, принятой на предприятии проводящем поверку (или по форме из Приложения А).
- Провести пролив расходомера на всех заданных значениях расхода  $Q_O$ .

Результат поверки расходомера считается положительным, если значения  $\delta Q$  соответствует указанным в таблице 5.

#### **6.6.2 Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода расходомерами модификации А1 имитационным методом**

Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода имитационным методом выполняется для каждого канала расходомера.

Перед имитационной поверкой необходимо выполнить операции по п.п. 5.5 ÷ 5.9.

- Вывести на дисплей ЭВМ параметр  $\Delta T$  – разность времен распространения акустического сигнала по потоку и против потока (результат однократного измерения).

- Наблюдая показания на дисплее, фиксировать через каждые 15...20 с очередное значение  $\Delta T_i$ . Занести эти значения в таблицу А.1.1 (Приложение А),  $N = 11$  значений  $\Delta T$ .

Таблица 5.

Диапазон расходов	Модификация расходомера		
	A1	A2	A5
от $Q_1$ до $Q_2$	$\pm 4 \%$	$\pm 4 \%$	$\pm 0,25 \%$
от $Q_2$ до $Q_3$	$\pm 1 \%$	$\pm 1 \%$ – врезные ПЭА $\pm 1,5 \%$ – накладные ПЭА	$\pm 0,15 \%$
от $0,1 \cdot Q_3$ до $Q_3$ (специальная градуировка)	–	$\pm 0,5 \%$ – 2 пары накладных ПЭА	–

- По данным таблицы А.1.1 вычислить среднеквадратическое отклонение величины  $\Delta T$ :  $\sigma(\Delta T)$ , с, по формуле

$$\sigma(\Delta T) = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (\Delta T_i - \overline{\Delta T})^2}, \quad (9)$$

где среднее арифметическое значение  $\overline{\Delta T}$ , с, вычисляется по формуле

$$\overline{\Delta T} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta T_i}{N}. \quad (10)$$

- Вычислить аппаратную погрешность измерения расходомером разности времен  $\Delta \tau$ , нс:

$$\Delta \tau = \frac{t_{0,9} \cdot \sigma(\Delta T)}{N^{0,5}}, \quad (11)$$

где  $t_{0,9}$  – коэффициент распределения Стьюдента (при  $N = 11$  (с доверительной вероятностью 0,9) значение коэффициента равно 1,8).

- Вызвать из памяти расходомера на дисплей ЭВМ и зафиксировать в протоколе поверки значения параметров:

$L_b$  – расстояние между метками на боковой поверхности пары накладных ПЭА, в направлении вдоль осевой линии трубопровода (для врезных ПЭА и секций – длина акустического канала);

$C_{ж}$  – скорость распространения ультразвука в жидкости, измеренная расходомером;

$\cos \alpha$  – косинус угла между акустическим каналом и продольной осью трубопровода (для врезной секции);

*Конф.* – схема установки ПЭА;

$K_s$  – коэффициент усреднения.

- Для значений скорости потока  $v$ , указанных в таблице А.1.2 (приложение А), вычислить ожидаемую разность времен распространения акустического сигнала  $\Delta T_v$ , нс, при излучении попутно и навстречу потоку жидкости при скорости потока  $v$ , м/с:

а) для расходомера с накладными ПЭА:

$$\Delta T_v = \frac{2 \cdot v \cdot L_b}{C_{ж}^2}, \quad (12)$$

б) для расходомера с врезными ПЭА (ВС):

$$\Delta T_v = \frac{2 \cdot v \cdot \eta \cdot L_b \cdot \cos \alpha}{C_{ж}^2}, \quad (13)$$

где параметр  $\eta$  для схем установки ПЭА: Z, V и  $\Delta$  принимает значения 1, 2 и 3 соответственно.

- Вычислить относительную погрешность расходомера  $\delta Q$ , %, при измерении расхода:

$$\delta Q = \frac{100 \cdot \Delta \tau}{\Delta T_v}. \quad (14)$$

- Вычислить заданное значение расхода  $Q_0$ , м<sup>3</sup>/ч, соответствующее скорости  $v$ , м/с, при внутреннем диаметре имитатора трубопровода  $D$ , м:

$$Q_0 = 2827 \cdot v \cdot D^2. \quad (15)$$

Расчеты выполнить для значений скорости, указанных в таблице А.1.2 (приложение А). Результаты вычислений занести в таблицу А.1.2.

Результат операции поверки считается положительным, если на всех скоростях потока  $v$ , м/с, значения  $\delta Q$  не превышают указанных значений:

- при расходах  $Q_0 \leq Q_2$ :  $\delta Q = \pm 3,2 \%$ ;
- при расходах  $Q_0 > Q_2$ :  $\delta Q = \pm 1,2 \%$  – для накладных ПЭА,  
 $\delta Q = \pm 0,8 \%$  – для врезных ПЭА и ВС.

### 6.6.3 Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода расходомерами модификации А2 имитационным методом

Определение основной относительной погрешности измерения объемного расхода имитационным методом выполняется для каждого канала расходомера.

Перед имитационной поверкой необходимо выполнить операции по п.п. 5.5 ÷ 5.9.

- Согласно указаниям РЭ выполнить процедуру настройки расходомера. По её завершении выключить в ПО расходомера сервисную функцию – «слежение за положением принятого сигнала на временной оси».
- Через ЭВМ включить режим работы расходомера «Технологический» и убедиться в отсутствии сообщений «No Sig» или «q>qmax».
- Включить режим «Поверка УВР-011». На дисплее ЭВМ появляется изображение «Пулты управления» калибратором.
- Управляя расходомером через «Пульт», выполнить коррекцию «нуля скорости». Чтобы вызвать на дисплей весь список имитируемых расходов, надо нажать курсором клавишу « $\nabla$ » рядом с окном «Имитируемые величины». Значения заданных расходов (общим числом не менее 5) выбрать из упомянутого списка так, чтобы исследовать весь диапазон расходов расходомера.
- Включить имитацию наименьшего расхода ( $Q_1$ ), для чего нажать курсором «мыши» первое значение из списка имитируемых расходов.
- Через 1 минуту прочесть на дисплее и занести в протокол поверки (по форме Приложения А.2) заданный расход, измеренное значение и относительную погрешность  $\delta Q$  расходомера при измерении расхода (отображается в окнах «Показания прибора», «Имитируемая величина» и «Погрешность измерения» соответственно).
- Задать очередное значение поверочного расхода и зарегистрировать показания калибратора, расходомера и погрешность  $\delta Q$ .

Результат операции поверки считается положительным, если значения  $\delta Q$  находятся в пределах:

- при расходах  $Q_0 \leq Q_2$ :  $\delta Q = \pm 3,2 \%$ ;
- при расходах  $Q_0 > Q_2$ :  $\delta Q = \pm 1,2 \%$  – для накладных ПЭА,  
 $\delta Q = \pm 0,8 \%$  – для врезных ПЭА и ВС.

## 6.7 Определение основной относительной погрешности измерения объема

*Примечание:* Для расходомеров, поверенных по п. 6.6.1, данную проверку не проводить.

### 6.7.1 Определение основной относительной погрешности измерения объема расходомерами модификации А2 имитационным методом

Проверку расходомеров проводить после выполнения п. 6.6.3.

Определение основной относительной погрешности измерения объема за указанное время имитационным методом выполняется для каждого канала расходомера.

Перед имитационной поверкой необходимо выполнить операции по п.п. 5.5 ÷ 5.9.

- Включить калибратор в проверяемом канале расходомера.
- Задать калибратором расход  $Q_0$ , близкий к  $0,5 \cdot Q_3$  (таблица 2).
- Вывести на дисплей ЭВМ значение объема, измеренное расходомером. Заданный объем  $\Delta V_0$ , м<sup>3</sup>, при этом составляет  $Q_0/5$ .

- Зафиксировать значение объема в начале и в конце измерительного интервала времени (12 минут). Вычислить приращение объема  $\Delta V_{и}$ .
- Вычислить относительную погрешность расходомера при измерении объема  $\delta V$ , %:

$$\delta V = \left( \frac{\Delta V_{и}}{\Delta V_{о}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (16)$$

где  $\Delta V_{о}$  – приращение объема, заданное калибратором, м<sup>3</sup>.

Результат проверки считается положительным, если относительная погрешность определения объема  $\delta V$  находится в пределах:

$\delta V = \pm 1,2$  % – для накладных ПЭА,

$\delta V = \pm 0,8$  % – для врезных ПЭА и ВС.

### 6.7.2 Определение основной относительной погрешности измерения объема расходомерами модификации А1 имитационным методом

Проверку расходомеров проводить после выполнения п. 6.6.2.

Перед поверкой необходимо выполнить операции по п.п. 5.5 ÷ 5.9.

- Вывести на дисплей ЭВМ показания часов расходомера.
- Используя секундомер, для временного интервала 15 минут, определить абсолютную погрешность измерения времени  $\Delta t$ , с.
- Вычислить погрешность расходомера при измерении времени:

$$\delta t = \frac{100 \cdot |\Delta t|}{900}, \quad (17)$$

- Вычислить погрешность расходомера при измерении объема:

$$\delta V = \sqrt{\delta Q^2 + \delta t^2}. \quad (18)$$

где  $\delta Q$  – погрешность измерения объемного расхода, вычисленная по формуле (14), при скорости потока 3 м/с.

Результат проверки считается положительным, если относительная погрешность определения объема  $\delta V$  находится в пределах:

$\delta V = \pm 1,2$  % – для накладных ПЭА,

$\delta V = \pm 0,8$  % – для врезных ПЭА и ВС.

### 6.8 Определение дополнительной приведенной погрешности при преобразовании объемного расхода в выходной сигнал постоянного тока

- Включить цифровой универсальный вольтметр в режим измерения тока и подключить его вход к токовому выходу расходомера.
- Внести в расходомер значения настроечных констант в соответствии с таблицей 6.
- Проверку выполнить в ходе проведения поверки по п. 6.6.2 (п. 6.6.3).

Таблица 6.

Наименование константы, параметра	Условное обозначение	Значение
Диапазон сигнала токового выхода, мА	I <sub>out</sub>	4...20
Минимальный расход, м <sup>3</sup> /ч	q <sub>min</sub>	Q <sub>1</sub>
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /ч	q <sub>max</sub>	Q <sub>3</sub>

- Фиксировать значения заданных расхода  $Q_{о}$  и тока  $I_{о}$  (отображаются на дисплее ЭВМ в окне калибратора) и показания вольтметра, включенного в режиме измерения постоянного тока  $I_{и}$ .
- Вычислить дополнительную приведенную погрешность при преобразовании объемного расхода в выходной сигнал постоянного тока  $\gamma_I$ , %:

$$\gamma_I = \left( \frac{I_{\dot{E}} - I_I}{20} \right) \cdot 100, \quad (19)$$

- Значение тока  $I_{о}$ , мА, ЭВМ вычисляют по формуле:

$$I_o = 4 + 16 \cdot \frac{Q_o}{Q_3}, \quad (20)$$

– Операции выполнить для всех заданных значений расхода, а результаты занести в таблицу А 2.1.

Результат поверки считается положительным, если дополнительная приведенная погрешность при преобразовании объемного расхода в выходной сигнал постоянного тока  $\gamma_I$ , находится в пределах  $\pm 0,5\%$ .

*Примечания:* 1. После завершения поверки расходомеров модификаций А2 имитационным методом выключить калибратор и для каждого рабочего канала согласно указаниям РЭ выполнить процедуру коррекции «нуля скорости».  
2. Если проводилась первичная поверка, установить и опломбировать защитный экран печатной платы. Закрывать крышку БЭ.  
3. В расходомеры, подвергнутые периодической поверке в лабораторных условиях, ввести настроечные константы, соответствующие условиям эксплуатации.

## **7. Проверка идентификационных данных ПО**

Для проверки идентификационных данных ПО необходимо во время включения прибора, переписать данные, отображаемые на дисплее.

Расходомер считают прошедшим поверку, если значения на дисплее соответствуют данным, указанным в паспорте.

## **8. Оформление результатов поверки**

8.1. Результаты поверки заносят в протокол. Пример формы протокола поверки приведён в Приложении А.

8.2. При положительном результате поверки в паспорте на расходомер делают отметку, заверяемую подписью лица, проводившего поверку, и ставят оттиск поверительного клейма или выписывают свидетельство о поверке, в соответствии с ПР 50.006-94.

8.3. В случае, если во время поверки производилась градуировка расходомера, то значение установленных параметров записываются в паспорте прибора и(или) в свидетельстве о поверке.

8.4. При отрицательных результатах поверки выдаётся извещение о непригодности, с указанием причины, в соответствии с ПР 50.006-94.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(справочное)

ФОРМЫ ПРОТОКОЛОВ ПОВЕРКИ

А.1 Форма протокола поверки имитационным методом

**Протокол № \_\_\_\_\_**  
поверки расходомера-счетчика ультразвукового УВР-011  
модификации А\_\_ зав. № \_\_\_\_\_

А.1.1 Проверка маркировки, комплектности и внешнего вида:

соответствует / не соответствует.  
(ненужное зачеркнуть)

А.1.2 Проверка сопротивления изоляции:

соответствует / не соответствует.  
(ненужное зачеркнуть)

А.1.3 Опробование (проверка работоспособности):

соответствует / не соответствует.  
(ненужное зачеркнуть)

А.1.4 Проверка неизменности показаний расходомера при отсутствии объемного расхода:  
приращение показаний расходомера за 2 мин составило \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.

А.1.5 Данные линейно-угловых измерений трубопровода:

$D =$  \_\_\_\_\_ мм,  $h =$  \_\_\_\_\_ мм,  $L_b =$  \_\_\_\_\_ мм,  $\alpha =$  \_\_\_\_\_ °.

А.1.6 Определение основной относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода имитационным методом:

а) значения объемного расхода: минимальный  $Q_1 =$  \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/ч,  
переходной  $Q_2 =$  \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/ч,  
максимальный  $Q_3 =$  \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/ч;

б) погрешности измерения разности временных интервалов:

Таблица А.1.1

№ изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\Delta T$											
	$\Delta \tau =$ _____ ;					$\sigma(\Delta T) =$ _____ ;					

г) параметры настройки расходомера:

$C_{ж} =$  \_\_\_\_\_,  $\cos \alpha =$  \_\_\_\_\_, Конф.: \_\_\_\_\_-схема;

д) основная относительная погрешность расходомера при измерении объемного расхода

Таблица А.1.2.

$V, м/с$	0,2	0,5	1	3	6	10
$Q, м^3/ч$						
$\Delta T, нс$						
$\delta, \%$						

А.1.7 Определение основной относительной погрешности расходомера при измерении объема имитационным методом:

Основная относительная погрешность при измерении объема  $\delta V =$  \_\_\_\_\_ %.

Поверитель \_\_\_\_\_

Дата поверки « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(продолжение)

А.2 Форма протокола поверки проливным методом

**Протокол № \_\_\_\_\_**  
поверки расходомера-счетчика ультразвукового УВР-011  
модификации А \_\_ зав. № \_\_\_\_\_

А.2.1 Проверка маркировки, комплектности и внешнего вида:

соответствует / не соответствует.

(ненужное зачеркнуть)

А.2.2 Проверка сопротивления изоляции:

соответствует / не соответствует.

(ненужное зачеркнуть)

А.2.3 Опробование (проверка работоспособности):

соответствует / не соответствует.

(ненужное зачеркнуть)

А.2.4 Проверка неизменности показаний расходомера при отсутствии объемного расхода:  
приращение показаний расходомера за 2 мин составило \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.

А.2.5 Определение основной относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода проливным методом:

а) значения расходов: минимальный  $Q_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
переходной  $Q_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
максимальный  $Q_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

б) цена импульса  $\delta V_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ л}$ ;  
заданный объем =  $V_0 \underline{\hspace{2cm}} \text{ л}$ ;

в) основная относительная погрешность расходомера при измерении объемного расхода определяется для следующих значений  $Q_0$ :  $Q_{0\text{мин}}$ ,  $0,25 \cdot Q_{0\text{макс}}$ ,  $0,5 \cdot Q_{0\text{макс}}$ ,  $0,75 \cdot Q_{0\text{макс}}$  и  $Q_{0\text{макс}}$ .

Таблица А.2.1.

Поверочный расход, $Q_0$ , м <sup>3</sup> /ч	Расход эталона, м <sup>3</sup> /ч	Объем эталона, м <sup>3</sup>	Расход прибора, м <sup>3</sup> /ч	Объем прибора, м <sup>3</sup>	$\delta V$ , %	$\delta Q$ , %
$Q_{0\text{мин}}$						
$0,25 \cdot Q_{0\text{макс}}$						
$0,5 \cdot Q_{0\text{макс}}$						
$0,75 \cdot Q_{0\text{макс}}$						
$Q_{0\text{макс}}$						

А.2.6 Определение основной относительной погрешности расходомера при измерении объема проливным методом:

Основная относительная погрешность при измерении объема  $\delta V = \underline{\hspace{2cm}} \%$ .

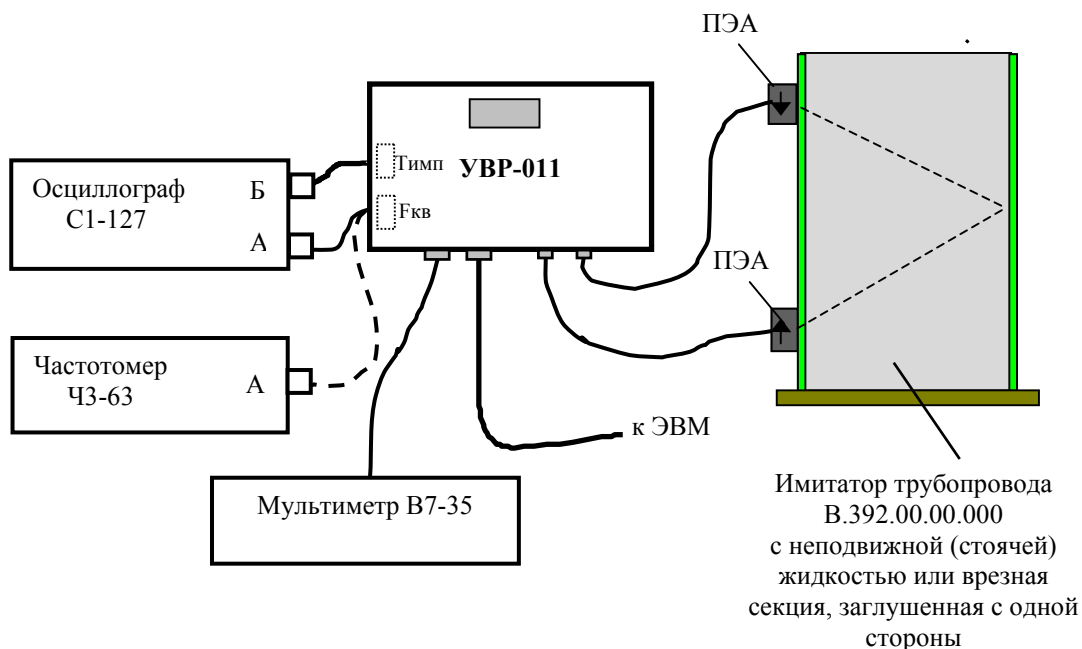
Поверитель \_\_\_\_\_

Дата поверки « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(обязательное)

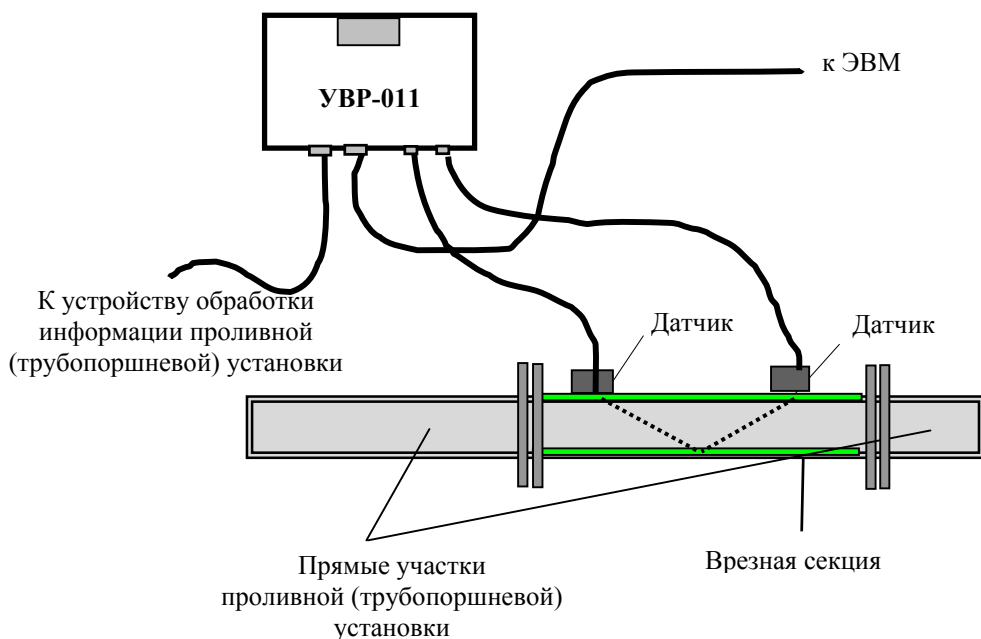
СХЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ

Б.1 Схема испытательного стенда для поверки расходомеров-счетчиков УВР-011 модификаций А1 и А2



Примечание — Осциллограф, частотомер и мультиметр используются при поверке расходомеров модификации А2, причем осциллограф и частотомер используются при первичной поверке, мультиметр используется при контроле токового выхода

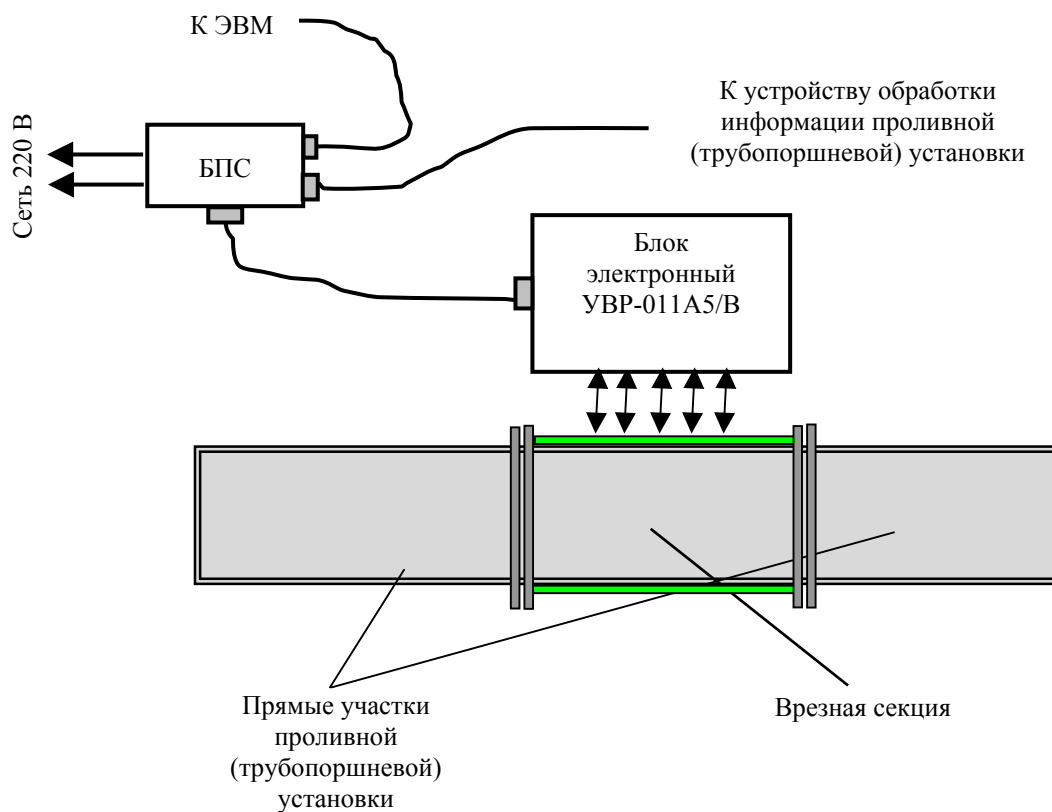
Б.2 Схема поверочного стенда для поверки расходомеров-счетчиков УВР-011 с врезными секциями на проливной установке





ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(продолжение)

Б.3 Схема испытательного стенда для поверки расходомеров-счетчиков УВР-011  
модификации А5



ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(обязательное)

Схема подключения счетчика УВР-011А2-К

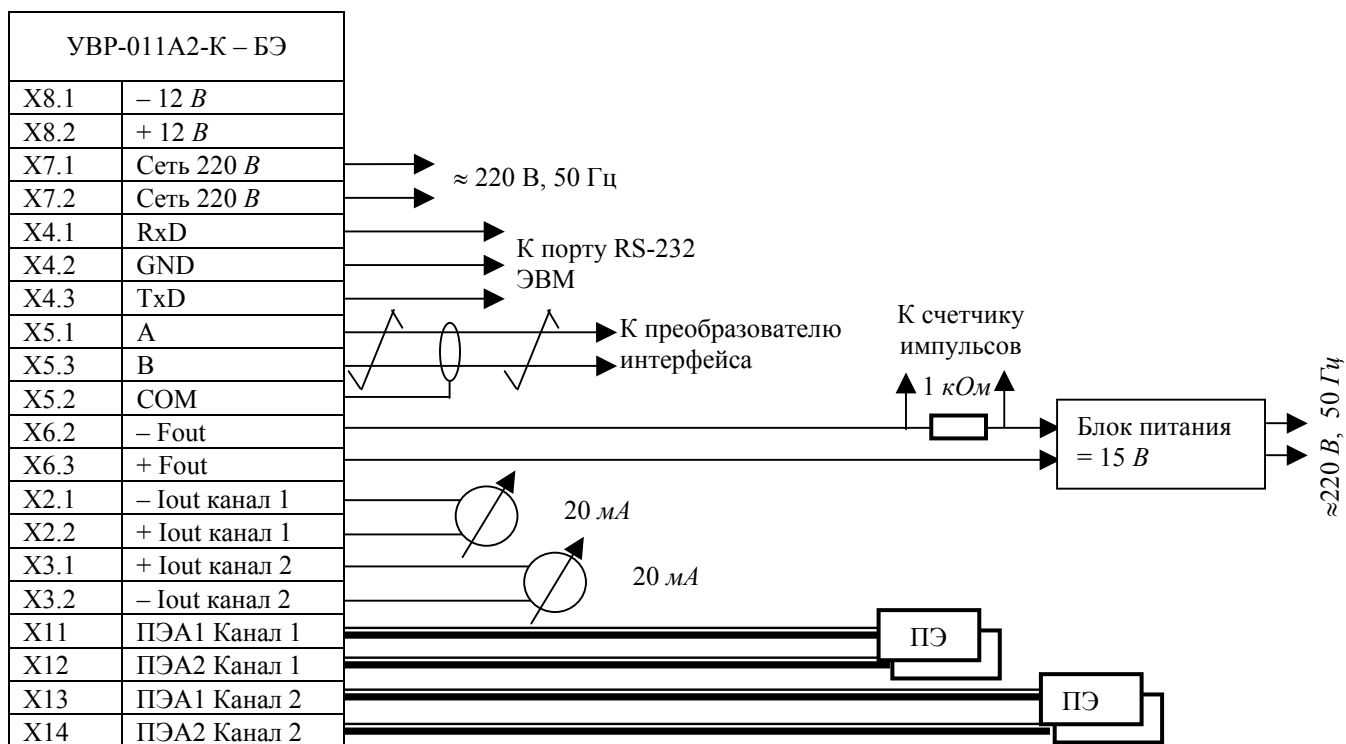


Рисунок В.1. Схема подключения счетчика УВР-011А2

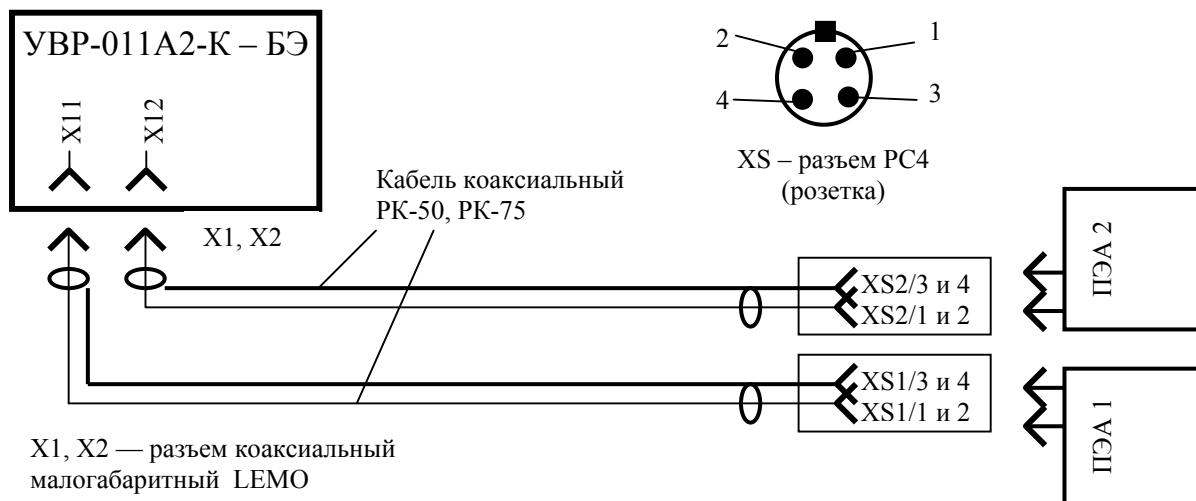


Рисунок В.2. Схема подключения накладных ПЭА первого канала (подключение ПЭА второго канала выполняется аналогично)

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(продолжение)

Схема подключения счетчика УВР-011А2-К-Г

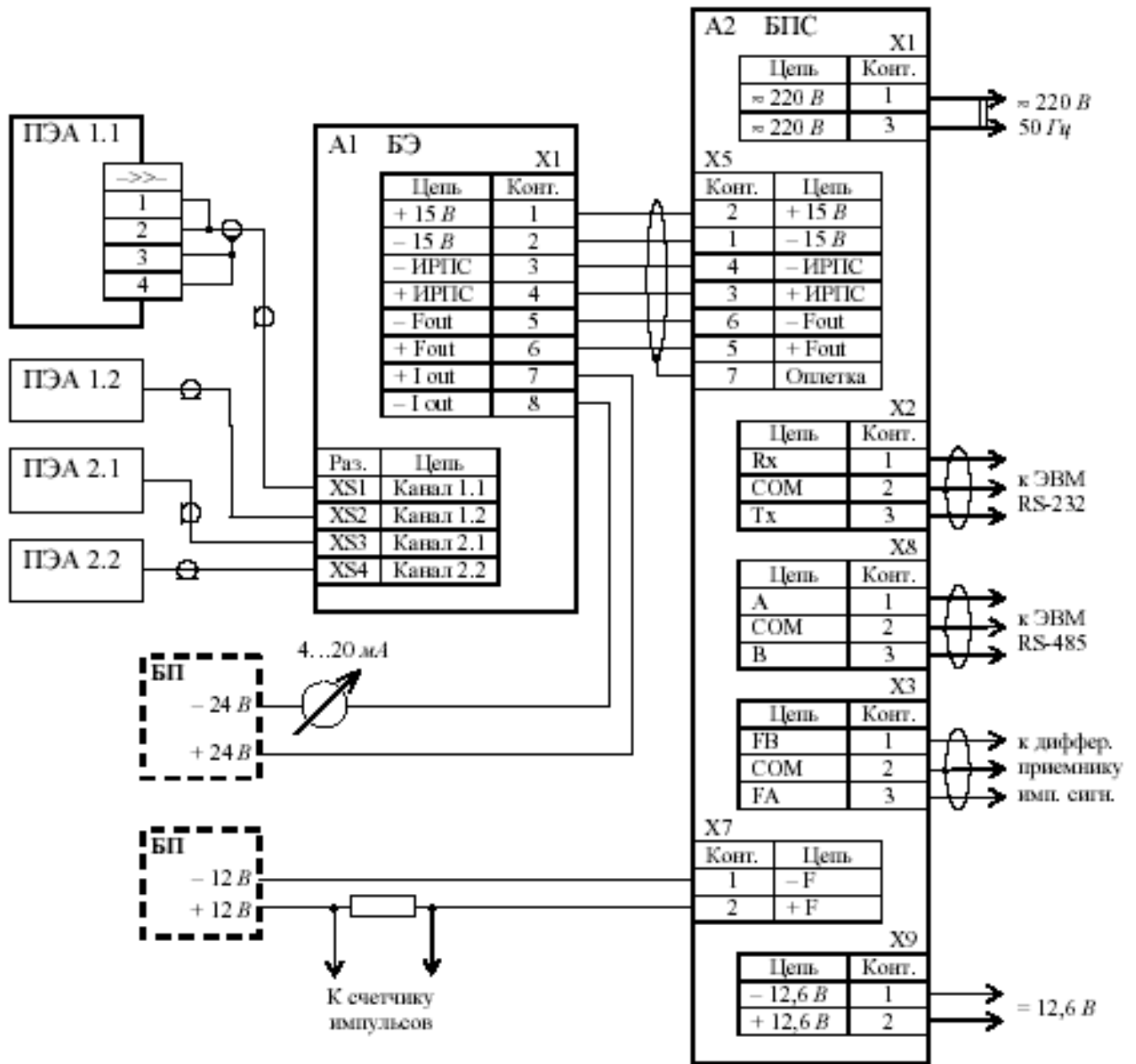


Рисунок В.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
 (продолжение)

Схема подключения счетчика УВР-011А1

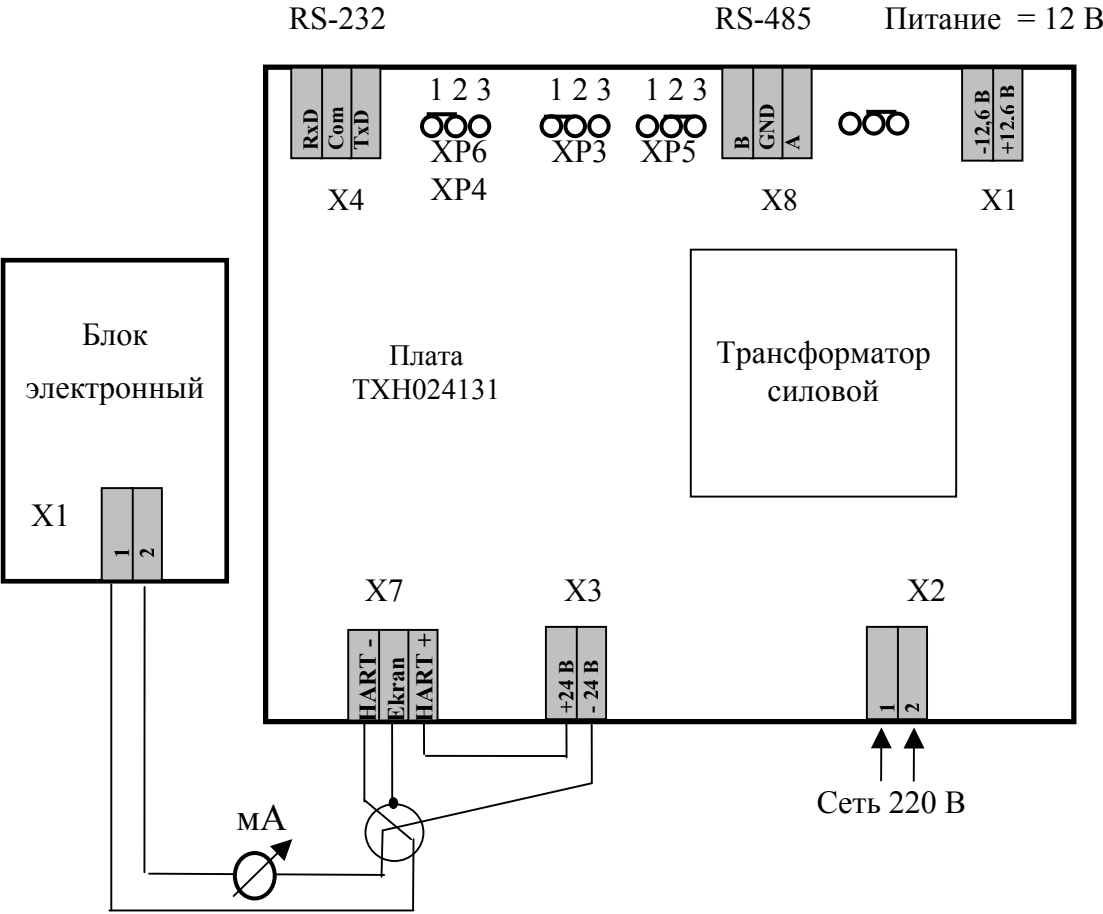


Рисунок В.4.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**(обязательное)**

**Зависимость скорости распространения звука в воде от температуры,  
при атмосферном давлении, м/с<sup>1</sup>**

t, °C	V, м/с									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	1402,384	1402,888	1403,390	1403,891	1404,391	1404,890	1405,388	1405,885	1406,380	1406,874
1	1407,367	1407,859	1408,350	1408,839	1409,328	1409,815	1410,301	1410,786	1411,270	1411,753
2	1412,234	1412,715	1413,194	1413,672	1414,149	1414,625	1415,100	1415,574	1416,047	1416,518
3	1416,988	1417,458	1417,926	1418,393	1418,85	1419,323	1419,787	1420,250	1420,711	1421,172
4	1421,631	1422,089	1422,546	1423,002	1423,457	1423,911	1424,364	1424,816	1425,266	1425,716
5	1426,165	1426,612	1427,058	1427,504	1427,948	1428,391	1428,833	1429,274	1429,714	1430,153
6	1439,591	1431,028	1431,463	1431,898	1432,332	1432,764	1433,196	1433,627	1434,056	1434,484
8	1439,130	1439,546	1439,961	1440,375	1440,788	1441,200	1441,611	1442,021	1442,431	1442,839
9	1443,246	1443,652	1444,057	1444,461	1444,864	1444,266	1445,667	1445,068	1446,467	1446,865
10	1447,262	1447,658	1448,054	1448,488	1448,841	1449,234	1449,625	1450,015	1450,405	1450,793
11	1451,181	1451,567	1451,953	1452,338	1452,721	1453,104	1453,486	1453,866	1454,246	1454,625
12	1455,003	1455,380	1455,756	1456,131	1456,506	1456,879	1457,251	1457,622	1457,993	1458,362
13	1458,731	1459,099	1459,465	1459,831	1460,196	1460,560	1460,923	1461,285	1461,646	1462,007
14	1462,366	1462,724	1463,083	1463,439	1463,794	1464,149	1464,503	1464,856	1465,208	1465,539
15	1465,910	1466,259	1466,608	1466,955	1467,302	1467,648	1467,993	1468,337	1468,680	1469,022
16	1469,364	1469,704	1470,044	1470,383	1470,721	1471,058	1471,394	1472,729	1472,063	1472,397
17	1472,730	1473,061	1473,392	1473,722	1474,052	1474,380	1474,708	1475,034	1475,360	1475,658
18	1476,009	1476,332	1476,655	1476,976	1477,297	1477,617	1477,936	1478,254	1478,571	1478,887
19	1479,203	1479,518	1479,832	1480,145	1480,457	1480,769	1481,079	1481,389	1481,698	1482,006
20	1482,313	1482,620	1482,925	1483,230	1483,534	1483,837	1484,140	1484,441	1484,742	1485,042
21	1485,341	1485,640	1485,937	1486,234	1486,530	1486,825	1487,119	1487,413	1487,705	1487,997
22	1488,288	1488,578	1488,868	1489,157	1489,445	1489,732	1490,018	1490,304	1490,588	1490,872
23	1491,155	1491,438	1491,719	1492,000	1492,280	1492,560	1492,838	1493,116	1493,393	1493,669
24	1493,944	1494,219	1494,493	1494,766	1495,038	1495,310	1495,580	1495,850	1496,120	1496,388
25	1496,656	1496,923	1497,189	1497,455	1497,719	1497,983	1498,247	1498,509	1498,771	1499,032
26	1499,292	1499,551	1499,810	1500,068	1500,325	1500,582	1501,837	1501,092	1501,347	1501,600
27	1501,855	1502,105	1502,356	1502,607	1502,857	1503,106	1503,354	1503,602	1503,849	1504,095
28	1504,341	1504,585	1504,830	1505,073	1505,315	1505,557	1505,799	1506,039	1506,279	1506,518
29	1506,756	1506,994	1507,231	1507,467	1507,702	1507,937	1508,171	1508,404	1508,637	1508,869
30	1509,100	1509,331	1509,561	1509,790	1510,018	1510,246	1510,473	1510,699	1510,925	1511,150
31	1511,374	1511,598	1511,821	1512,043	1512,264	1512,485	1512,705	1512,925	1513,144	1513,362
32	1513,579	1513,796	1514,012	1514,227	1514,442	1514,656	1514,869	1515,082	1515,294	1515,505
33	1515,716	1515,926	1516,135	1516,344	1516,552	1516,759	1516,966	1517,172	1517,377	1517,582
34	1517,786	1517,990	1518,192	1518,394	1518,596	1518,796	1518,996	1519,196	1519,395	1519,593
35	1519,790	1519,987	1520,183	1520,379	1520,574	1520,768	1520,961	1521,154	1521,347	1521,538
36	1521,729	1521,920	1522,109	1522,298	1522,487	1522,675	1522,862	1523,048	1523,234	1523,420
37	1523,604	1523,788	1523,972	1524,155	1524,337	1524,518	1524,699	1524,879	1525,059	1525,238
38	1525,416	1525,594	1525,771	1525,948	1526,124	1526,299	1526,474	1526,648	1526,821	1526,994
39	1527,166	1527,338	1527,509	1527,679	1527,849	1528,018	1528,186	1528,354	1528,522	1528,688
40	1528,855	1529,020	1529,185	1529,349	1529,513	1529,679	1529,839	1530,001	1530,162	1530,323
41	1530,483	1530,642	1530,801	1530,959	1531,117	1531,274	1531,431	1531,587	1531,742	1531,897
42	1532,051	1532,205	1532,358	1532,510	1532,662	1532,813	1532,964	1533,114	1533,264	1533,413
43	1533,561	1533,709	1533,856	1534,003	1534,149	1534,294	1534,439	1534,584	1534,727	1534,870
44	1535,013	1535,155	1535,297	1535,438	1535,578	1535,718	1535,857	1535,995	1536,134	1536,271
45	1536,408	1536,544	1536,680	1536,815	1536,950	1537,084	1537,218	1537,351	1537,483	1537,615
46	1537,747	1537,877	1538,008	1538,137	1538,266	1538,395	1538,523	1538,650	1538,777	1538,904
47	1539,030	1539,155	1539,280	1539,404	1539,527	1539,651	1539,773	1539,895	1540,017	1540,137
48	1540,258	1540,378	1540,497	1540,616	1540,734	1540,852	1540,969	1541,085	1541,202	1541,317
49	1541,432	1541,547	1541,661	1541,774	1541,887	1541,999	1542,111	1542,222	1542,333	1542,443
50	1542,553	1542,662	1542,771	1542,879	1542,987	1543,094	1543,200	1543,306	1543,412	1543,517
51	1543,621	1543,725	1543,829	1543,932	1544,034	1544,136	1544,237	1544,338	1544,439	1544,538
52	1544,638	1544,736	1544,835	1545,933	1545,030	1545,127	1545,223	1545,319	1545,414	1545,509
53	1545,603	1545,697	1545,790	1545,882	1545,975	1546,066	1546,158	1546,248	1546,338	1546,428
54	1546,517	1546,606	1546,694	1546,782	1546,869	1546,956	1547,042	1547,128	1547,213	1547,298
55	1547,382	1547,466	1547,549	1547,632	1547,714	1547,797	1547,877	1547,958	1548,038	1548,118
56	1548,197	1548,276	1548,355	1548,432	1548,510	1548,587	1548,663	1548,739	1548,815	1548,890
57	1548,964	1549,038	1549,112	1549,185	1549,257	1549,329	1549,401	1549,472	1549,543	1549,613
58	1549,688	1549,752	1549,821	1549,889	1549,957	1550,024	1550,091	1550,157	1550,223	1550,289
59	1550,354	1550,418	1550,482	1550,546	1550,609	1550,672	1550,734	1550,796	1550,857	1550,918
60	1550,978	1551,038	1551,098	1551,157	1551,215	1551,273	1551,331	1551,388	1551,444	1551,501

Примечания:

1. Александров А.А., Трахтенгерц М.С. «Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении.», Москва, Изд-во стандартов, 1997г., 100 с.