

**РАСХОДОМЕР С ИНТЕГРАТОРОМ
АКУСТИЧЕСКИЙ
«ЭХО - Р - 02»**

Руководство по эксплуатации
АЦПР.407154.012 РЭ

2001

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Назначение	4
2. Технические данные	8
3. Состав расходомера	10
4. Устройство и работа расходомера	11
5. Маркирование	18
6. Указание мер безопасности	19
7. Правила установки и подготовка к работе	20
8. Порядок работы	25
9. Возможные неисправности и способы их устранения	35
10. Техническое обслуживание	38
11. Правила хранения	39
12. Транспортирование	39
13. Поверка расходомера	40

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Структурная схема расходомера	45
2. Эпюры напряжений	47
3. Габаритные и установочные размеры акустического преобразователя АП-11	48
4. Габаритные и установочные размеры акустического преобразователя АП-13	49
5. Габаритные и установочные размеры преобразователя передающего измерительного ППИ	50
Приложения 6 – 9 (схемы электрические принципиальные) не приводятся.	
10. Преобразователь передающий измерительный ППИ-Р. Схема электрическая соединений	51
11. Эскиз коммутационной панели ППИ-Р	52

12. Расходомер с интегратором акустический «ЭХО-Р-02».	
Схема электрическая соединений	53
13. Эскиз монтажа АП-11 для измерения расхода в трубе	
$0,3 < H_{\max} < 3,0$ м	54
14. Эскиз монтажа АП-11 для измерения расхода в канале	
шириной менее 0,6 м и $0,4 < H_{\max} < 3,0$ м	55
15. Эскиз монтажа АП-11 для измерения расхода в канале	
шириной более 0,6 м и $0,4 < H_{\max} < 3,0$ м	56
16. Эскиз монтажа АП-11 для измерения расхода в лотке	
$0,4 < H_{\max} < 3,0$ м	57
17. Эскиз монтажа АП-13 для измерения расхода в трубе	
$0,1 < H_{\max} < 0,3$ м	58
18. Эскиз монтажа АП-13 для измерения расхода в лотке	
$0,1 < H_{\max} < 0,3$ м	59
19. Эскиз установки для натурального опробования расходомера	
«ЭХО-Р-02»	60
20. Структура условного обозначения расходомера «ЭХО-Р-	
02»	61
21. Методика выполнения измерений МИ 2220-96	62

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее Руководство по эксплуатации предназначено для изучения принципа действия и конструкции расходомера с интегратором акустического «ЭХО-Р-02» Госреестр Украины №21807-01 (в дальнейшем – расходомер), изучения правил монтажа, поверки, наладки и технического обслуживания в условиях эксплуатации.

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Расходомер с интегратором акустический ЭХО-Р-02 предназначен для измерения объемного расхода (количества) жидкости, в том числе сточных вод, в открытых каналах шириной до 4-х метров, оборудованных стандартными измерительными лотками, и в безнапорных трубопроводах диаметром 100 мм и более, с целью учета, в том числе коммерческого, в канализационных сетях, на очистных сооружениях, промышленных предприятиях и т.д.

Измерение объема жидкости осуществляется косвенным методом посредством измерения уровня жидкости, протекающей в водоводе, пересчета его в мгновенное значение расхода и интегрирования.

Кроме того, расходомер может быть использован для автоматического контроля мгновенного значения расхода жидкости в открытых каналах и безнапорных трубопроводах.

Выполнение измерений расхода и объема жидкости, протекающей в стандартных лотках, водоводах и безнапорных трубопроводах, осуществляется в соответствии с Методическими указаниями МИ 2406-97 "Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков", МИ 2220-96 "Расход сточных жидкостей в безнапорных трубопроводах. Методика выполнения измерений", МИ 13-92 "Расход воды в каналах. Методика выполнения измерений по средней скорости в одной точке гидрометрического створа", МИ 14-92 "Расход воды в каналах. Методика выполнения измерений по средней скорости в одной точке гидрометрического створа на свободной поверхности потока".

Расходомер состоит из преобразователя первичного акустического, имеющего типы АП-11 или АП-13 (в дальнейшем – АП), и преобразователя передающего измерительного ППИ-Р (в дальнейшем – ППИ), и выпускается в пылеводозащищенном исполнении.

Различные модификации АП предназначены для разных размеров водоводов.

АП соответствует климатическому исполнению УХЛ и категории размещения 2 по ГОСТ 15150, но для работы при температуре окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50 °С.

ППИ соответствует климатическому исполнению УХЛ и категории размещения 4 по ГОСТ 15150, но для работы при температуре окружающего воздуха от 0 до 50 °С.

АП выпускаются в пылеводозащищенном исполнении IP-64, ППИ – в исполнении IP-54 по ГОСТ 14254.

Выходной сигнал расходомера – показания жидкокристаллического дисплея.

Расходомер имеет дополнительный выходной сигнал 0–5, 0–20, 4–20 мА постоянного тока, который служит для индикации мгновенного значения расхода.

Расходомер может иметь релейные выходные сигналы (три пары "сухих" контактов реле), предназначенные для сигнализации верхнего, номинального и нижнего уровней заполнения водовода,

Дополнительно на жидкокристаллическом дисплее может отображаться следующая информация:

- текущие значения измеряемых величин:
 - мгновенного значения расхода;
 - уровня;
 - времени работы;
 - текущие дата и время
- содержимое архивов:
 - за последние 24 часа;
 - за последние 30 суток;

- перерывов учета;
- диагностические сообщения о неисправностях.

Управление отображением осуществляется с помощью магнита, подносимого к магнитоуправляемым переключателям "ПРОСМОТР", "АРХИВ", "ВВОД", расположенным на передней панели прибора.

Расходомер имеет возможность вывода информации на компьютер через встроенный интерфейс RS-232.

Пример записи обозначения расходомера с акустическим преобразователем АП-11, токовым выходом, интерфейсом RS-232 при заказе и в документации другой продукции, в которой он может быть применен:

«Расходомер ЭХО-Р-02 – АП-11 – МА - RS ТУ 4213-012-18623641-01».

Структура условного обозначения датчика приведена в приложении 20.

Кроме того, при заказе должен быть указан тип водовода (безнапорный трубопровод или открытый канал) и его параметры.

➤ *Для трубопровода необходимо указать:*

- внутренний диаметр;
- наличие измерительного U-образного лотка в месте измерения;
- уровень жидкости при максимальном заполнении;
- наличие подпора;
- скорость течения и уровень заполнения, при котором эта скорость измерена, или строительный уклон;
- материал трубопровода;
- расположение трубопровода (под землей, в помещении, на открытом воздухе).

➤ *Для открытого канала необходимо указать:*

- тип сужающего устройства (лоток Вентури, Паршала, водослив с тонкой стенкой или др.);
- параметры сужающего устройства;
- уровень жидкости при максимальном заполнении;
- расположение канала (на открытом воздухе или в помещении).

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Параметры АП, их типы, коды ОКП приведены в табл.1. За величину зоны нечувствительности принимается расстояние от плоскости отсчета АП до 100-процентной точки диапазона измерения (приложения 3, 4)

Таблица 1

Тип	Код ОКП	Верхний предел изменения уровня жидкости в водоводе, м	Зона нечувствительности, м
АП-11	421361 034500	3,0	1,0
АП-13	421361 034609	0,3	0,25

2.2. Измерение объемного расхода текущей жидкости производится при изменении уровня жидкости в одном из диапазонов: 0–0,1; 0–0,15; 0–0,2; 0–0,25; 0–0,3; 0–0,35; 0–0,4; 0–0,45; 0–0,5; 0–0,6; 0–0,7; 0–0,8; 0–0,9; 0–1,0; 0–1,1; 0–1,2; 0–1,3; 0–1,4; 0–1,5; 0–1,6; 0–1,7; 0–1,8; 0–1,9; 0–2,0; 0–2,5; 0–3,0 м¹.

2.3. Пределы допускаемой основной относительной погрешности δ д расходомеров при измерении объемного расхода жидкости должны быть не более $\pm 3,0$ % в пределах 20 - 100 % диапазона изменения уровня.

Погрешность в пределах 0-20 % диапазона изменения уровня не нормируется. Зона ненормированной погрешности измерения мгновенного расхода рассчитывается для конкретного водовода и указывается в паспорте на расходомер.

В диапазоне 0 – 2 % предела измерения расхода показания расходомера равны 0 (по заказу возможно изготовление расходомера без «отсечки»)

¹ По заказу допускается изготовление расходомеров с промежуточными диапазонами.

2.4. Питание расходомера осуществляется от сети переменного тока напряжением $(220 \begin{smallmatrix} +22 \\ -33 \end{smallmatrix})$ В, частотой (50 ± 1) Гц.

2.5. Мощность, потребляемая расходомером, не превышает 20 В·А.

2.6. Температура воздуха, окружающего АП, - от минус 30 до плюс 50 °С, ППИ – от 0 до 50 °С.

2.7. АП устойчив к воздействию относительной влажности (95 ± 3) % при температуре 35 °С, ППИ – 80 % при температуре 35 °С.

2.8. Изменение погрешности расходомера, вызванное изменением температуры воздуха, окружающего ППИ, в диапазоне от 0 до 50 °С, не должно превышать $0,5 \left| \delta_d \right|$ на каждые 10 °С отклонения температуры от 20 °С.

2.9. Изменение погрешности расходомера, вызванное плавным отклонением напряжения питания от номинального 220 В на плюс 22 или минус 33 В, не должно превышать $0,5 \left| \delta_d \right|$

2.10. При отключении напряжения питания расходомер сохраняет накопленную информацию не менее 12 месяцев.

2.11. Расходомер обеспечивает возможность подключения внешней нагрузки 2,5 кОм в цепь выходного сигнала 0–5 мА и 1 кОм в цепь 0–20, 4–20 мА.

2.12. Полный средний срок службы расходомера до списания – 6 лет.

3. СОСТАВ РАСХОДОМЕРА

3.1. Расходомер состоит из одного АП (АП-11 или АП-13) и одного ППИ. Соединительный кабель в комплект поставки не входит.

3.2. Длина соединительного кабеля между АП и ППИ не должна превышать 200 м. По заказу расходомер может быть адаптирован к кабелю длиной до 300 м.

Тип кабеля – любой экранированный кабель с количеством жил не менее пяти (например, КУПВ ГОСТ 18404.3).

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА РАСХОДОМЕРА

4.1. Принцип действия расходомера основан на акустической локации уровня жидкости, протекающей в водоводе, пересчете его в мгновенное значение расхода по заданной зависимости расход/уровень для данного водовода с последующим интегрированием.

Мерой уровня является время распространения звуковых колебаний от излучателя до контролируемой границы раздела сред и обратно до приемника. Пересчет уровня в мгновенное значение расхода производится в соответствии с зависимостью расхода от уровня в конкретном водоводе.

Структурная схема расходомера приведена в приложении 1.

Одним из основных элементов расходомера является контроллер 10. Алгоритм функционирования расходомера записывается в ПЗУ 8 при изготовлении. В программе реализованы функции управления отдельными узлами прибора и вычисления расхода в зависимости от уровня. По переднему фронту сигнала "СТРОБ" с помощью буферного устройства 5 формируется короткий импульс (эпюра 1), запускающий генератор зондирующих сигналов 1. Генератор зондирующих сигналов вырабатывает радиоимпульсы с определенной частотой повторения (эпюра 2), которые преобразуются акустическим преобразователем 4.

Акустические сигналы распространяются по газовой среде, отражаются от границы раздела «газ – жидкость» и воспринимаются тем же электроакустическим преобразователем. После обратного преобразования отраженные сигналы усиливаются предварительным усилителем 2 акустического преобразователя (эпюра 3) и по соединительному кабелю подаются на вход усилителя-формирователя информационных сигналов 6. Этот усилитель содержит линейный каскад с автоматической регулировкой усиления, двухполупериодный выпрямитель и видеоусилитель. С выхода усилителя прямоугольные сигналы (эпюра 4) через вспомогательные устройства поступают на контроллер 10, который заносит его в ОЗУ 7, где в результате формируется двоичная последовательность, которая является

кодовым определением местоположения отраженного сигнала на временной оси относительно зондирующего. Далее контроллер производит операцию выделения информационных сигналов на фоне помех. Для компенсации изменения скорости звука в зависимости от температуры воздуха в объекте контроля в расходомере предусмотрено специальное устройство, состоящее из термопреобразователя 3, встроенного в АП, и преобразователя тока термопреобразователя в частоту 9. Выходной сигнал последнего преобразуется в код.

По измеренным значениям времени запаздывания информационного сигнала относительно зондирующего и скорости ультразвука вычисляется значение уровня, а по величине уровня и заданному алгоритму пересчета уровень/расход определяется мгновенное значение расхода. После интегрирования значение объема выводится на жидкокристаллический дисплей 11.

В расходомере предусмотрено самодиагностирование; большая часть возможных неисправностей автоматически обнаруживается в процессе функционирования прибора и отображается на дисплее (см. раздел 9 "Возможные неисправности и способы их устранения").

4.2. АП предназначен для преобразования подводимых к нему электрических импульсов в акустические и преобразования отраженных импульсов обратно в электрические.

Основой АП является пьезокерамический диск, работающий на одной из резонансных частот.

Принципиальная схема АП приведена в приложении 6.

Генератор зондирующих импульсов состоит из генератора радиоимпульсов, выполненного на микросхеме D1 (K561ЛА7), и усилителя мощности, выполненного на транзисторах VT5-VT8 (КТ815В). Частота заполнения радиоимпульсов регулируется изменением номинала резистора R9. Предварительный усилитель выполнен на микросхеме D2.

В зависимости от размеров водоводов АП имеют различные модификации.

Конструкция АП-11 (приложение 3) имеет две части. Нижняя часть АП-11 выполнена из пентапласта или полипропилена и представляет собой усеченный конус, который большим основанием непосредственно переходит в крепящий фланец. К меньшему основанию прикрепляется акустический вибратор, представляющий собой круглую металлическую мембрану с пьезокерамическим диском. Конус предназначен для концентрации акустической энергии.

В верхней части АП-11 расположен корпус из алюминиевого сплава, в котором размещена электронная схема.

Конструкция АП-13 (приложение 4) имеет две части. Нижняя часть АП представляет собой цилиндр, внутри которого размещен пьезокерамический вибратор, прикрепленный излучающей поверхностью к нижнему основанию цилиндра. Сверху пьезоэлемент залит звукопоглотителем.

В верхней части АП-13 расположен корпус из алюминиевого сплава, в котором размещена электронная схема. Внутренняя полость заполняется водозащитной смазкой.

В АП предусмотрен герметичный вывод кабеля через сальник.

4.3. Преобразователь передающий измерительный ППИ (приложение 5) предназначен для преобразования времени запаздывания отраженного импульса относительно зондирующего в показания на жидкокристаллическом дисплее, фиксирующем объем протекающей жидкости.

Основной узел ППИ – контроллер. Он построен на основе однокристального микроконтроллера КР1830ВЕ31.

Контроллер выполняет следующие функции:

1 - периодический запуск акустического датчика (сигнал "СТРОБ");

2 - измерение интервала времени между моментами запуска акустического датчика и прихода отраженного сигнала ("НОРМ.СИГНАЛ");

3 - измерение частоты выходного напряжения канала преобразования температуры (сигнал "ВЫХОД ПНЧ");

4 - учет времени;

5 - вычисление на основе результатов, соответствующих пп. 2, 3, 4, значений уровня, мгновенного расхода, объема, температуры;

6 - архивирование измеренных значений;

7 - вывод информации на буквенно-цифровой дисплей и токовый выход;

8 - двунаправленная связь через последовательный порт с компьютером с использованием интерфейса RS-232C.

Рассмотрим реализацию перечисленных функций.

1. Сигнал "СТРОБ" нужной длительности вырабатывается программным способом и снимается с вывода P1.0 микроконтроллера.

2. "НОРМ.СИГНАЛ" кодируется с помощью микросхемы KP537PУ3 (D7), при этом в зависимости от диапазона изменения уровня с помощью переключки SW1 может быть выбрано одно из следующих значений ступени квантования: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 мкс. По окончании регистрации в D9 двоичной последовательности, являющейся дискретным представлением отраженного сигнала, контроллер считывает эту последовательность, при этом используются выходы P1.2, P1.6, P1.7. После соответствующей математической обработки, включающей цифровую фильтрацию, определяется длительность задержки отраженного сигнала.

3. Измерение частоты сигнала "ВЫВОД ПНЧ" выполняется с помощью внутреннего таймера-счетчика микроконтроллера, для этого указанный сигнал подается на вывод 10 микросхемы D12.

4. С целью фиксации времени нормального функционирования расходомера в контроллере используется микросхема RTC-8583 (D9), которая представляет собой часы реального времени с календарем. Бесперебойность питания D9 обеспечивается батареей E1 и микросхемой D11.

5. На основании известных зависимостей между частотой сигнала "ВЫХОД ПНЧ" и температурой среды, в которой расположен акустический датчик, а также между скоростью распространения ультразвукового сигнала и температурой среды, последовательно вычисляется температура,

скорость, расстояние между датчиком и отражающей поверхностью. Далее вычисляются абсолютное и относительное значения уровня, значение расхода и объема. Параллельно ведется учет времени интегрирования. Благодаря использованию микросхемы энергонезависимой памяти D6 в случае выключения электропитания прибора обеспечивается сохранение последних на момент выключения значений объема и времени интегрирования.

6. Микросхема D6 используется также для создания трех архивов, содержащих следующую информацию:

- 25 последних (на момент обращения к архиву) значения объема, фиксируемых по истечении каждого часа;
- 31 последнее (на момент обращения к архиву) значение объема, фиксируемое по истечении каждых суток;
- 30 пар значений даты и времени отключения и включения прибора и их причины

7. Буквенно-цифровой жидкокристаллический дисплей (2 строки по 16 символов) обеспечивает вывод измерительной и служебной информации. Взаимодействие микроконтроллера и дисплея осуществляется с помощью шины данных (выводы P0.0, P0.1...P0.7 микросхемы D12) и трех управляющих сигналов, для формирования которых используются выводы WR, RD, P2.4, P2.5 D12, а также микросхемы D11 и D18. Магнитоуправляемые выключатели "ПРОСМОТР", "АРХИВ", "ВВОД", состояние которых считывается с помощью микросхемы D5, позволяют вывести на дисплей информацию нужного вида – какое-либо из текущих значений измеряемых величин или данные архива.

8. Контроллер имеет последовательный двунаправленный порт, работающий в соответствии со стандартом RS-232 со скоростью обмена 2,4 Кбод. В состав порта входит встроенный в микроконтроллер универсальный асинхронный приемо - передатчик, устройство гальванического разделения и стандартный интерфейс ADM232.

Электронная схема ППИ размещена на двух печатных платах А1 и А2. Соединение плат между собой осуществляется с помощью кросс-платы

А3 (приложение 10). На плате А3 также расположен блок реле уставок сигнализации. Кроме того, предусмотрена плата А4 для монтажа интерфейса (устанавливается по заказу).

Принципиальная схема платы А1 приведена в приложении 7. На этой плате расположен микропроцессорный вычислитель, включающий микропроцессор D12 (1830BE31), ОЗУ, выполненное на микросхеме D18 (HM6116), ПЗУ, выполненное на микросхеме D17 (27с256), кварцевый генератор частоты 11,059 МГц. В качестве часов реального времени использована микросхема D9 (PCF8583).

При изготовлении расходомеров возможна замена микросхем на аналоги.

В схеме платы предусмотрены две переключки: SW1 – для подключения канала измерения температуры и SW2 – для изменения диапазона измерения уровня. Для индикации правильности работы вычислителя предусмотрен светодиод VD1. При включении прибора этот светодиод должен мигнуть один раз; постоянное мигание свидетельствует о сбросе программы.

Принципиальная схема платы А2 приведена в приложении 8. На этой плате расположен силовой трансформатор, блок питания, усилитель-формирователь информационных сигналов, клеммные колодки для подключения проводов, предохранители.

На обмотках трансформатора должны быть следующие величины переменного напряжения:

3–4 – ~ (17,6 ± 2) В;

4–5 – ~ (17,6 ± 2) В;

6–7 – ~ (23,4 ± 2) В;

3'–4' – ~ (46,2 ± 3) В;

5'–6' – ~ (8,2 ± 1) В;

8–9 – ~ (8,2 ± 1) В.

В блоке питания осуществляется выпрямление и стабилизация питающих напряжений: +5 В; +15 В; –15 В; +24 В; +50 В.

Усилитель-формирователь информационного сигнала включает в себя линейный усилитель с АРУ D5 (OP275), детектор сигналов D6 (OP275), формирователь сигналов D7 (OP275), D8 (К561ЛН2). Преобразователь тока термопреобразователя в частоту выполнен на микросхеме D9 (AD654).

Интерфейс RS-232 расположен на плате А4. Он включает в себя устройство гальванической развязки, выполненное на двух оптронах АОТ128, выпрямитель и стабилизатор напряжения ($5 \pm 0,1$) В, буферный модуль ADM232.

Блок токового выхода монтируется на плате А1 (по заказу). Для преобразования цифровой последовательности в токовый выходной сигнал использована микросхема типа AD420 (D16). Значение тока (0 – 5), (0 – 20), (4 – 20) мА можно менять в процессе эксплуатации.

5. МАРКИРОВАНИЕ

5.1. На АП должен быть нанесен порядковый номер АП по системе нумерации предприятия-изготовителя.

5.2. На передней панели ППИ должны быть нанесены:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- тип расходомера и его порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- знак утверждения типа по ПР 50.2.009-94;
- тип АП, его порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- параметры питания;
- год изготовления;
- предел допускаемой погрешности.

5.3. Предусмотрено опломбирование электронного блока ППИ.

6. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. К монтажу (демонтажу), эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту расходомеров должны допускаться только лица, изучившие техническое описание и инструкцию по эксплуатации расходомера, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электротехническими установками и радиоэлектронной аппаратурой.

6.2. В расходомерах имеются цепи, находящиеся под опасным для жизни напряжением 220 В.

Категорически запрещается эксплуатация расходомеров при снятых крышках.

6.3. При отыскании неисправностей во включенных расходомерах необходимо применять меры, исключая случайное контактирование человека с опасными для жизни токоведущими цепями: например, пользоваться только изолированными инструментами, закрывать открытые контакты пленкой из изолированного материала и т.д.

6.4. Все измерительное оборудование (осциллографы, вольтметры, др.), используемое при отыскании неисправностей, проверках, профилактических осмотрах и других работах, должно обязательно иметь надежное заземление.

6.5. Все виды технического обслуживания, ремонта и монтажа (демонтажа), связанные с перепайкой электро- и радиоэлементов, устранение обрыва проводов и т.п. производить только при отключенном от сети переменного тока соединительном кабеле и отключенном АП.

6.6. Не допускается эксплуатация расходомеров при неуплотненных кабелях.

6.7. Запрещается установка и эксплуатация АП в объектах контроля, где по условиям работы могут создаваться давления, превышающие предельные.

7. ПРАВИЛА УСТАНОВКИ И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

При установке, монтаже и обслуживании расходомеров должны строго соблюдаться правила техники безопасности, изложенные в разделе 6 "Указания мер безопасности" и в нормативно-технических документах, действующих на предприятии-потребителе.

7.1. Установка АП в каналах прямоугольного сечения производится в соответствии с МИ 2406-97. АП устанавливается перед водосливом или измерительным лотком выше по течению: на расстоянии $4H_{\max}$ - перед водосливом с тонкой стенкой, $3H_{\max}$ – перед лотком Вентури; перед лотком Паршалла – в соответствии с таблицей 4 МИ 2406-97 (приблизительно $0,66L_1$ перед горловиной, где L_1 – длина боковой стенки входной секции).

7.2. Установка АП для измерения расхода в безнапорных трубопроводах производится в соответствии с МИ 2220-96. АП устанавливается на прямолинейном участке без боковых подключений и не ближе $(8 \div 10)H_{\max}$ до конца трубы.

Как правило, установка АП производится в колодце. При отсутствии подходящего колодца необходимо его построить.

Подготовить место крепления АП и ППИ в соответствии с габаритными чертежами и эскизами монтажа (приложения 3 - 5, 13 – 18). При этом необходимо обратить внимание на величину максимального значения уровня, указанного в паспорте.

7.3. Место крепления АП должно обеспечивать его установку таким образом, чтобы геометрическая ось АП, вдоль которой происходит измерение уровня, совпадала с вертикалью.

7.4. ППИ может устанавливаться на щитах, пультах управления, на кронштейнах и т.д.

Не допускается установка ППИ вблизи батарей отопления, электрических печей и других источников тепла, а также в помещениях, в которых температура воздуха может выходить за пределы, указанные в п.2.9 (см. раздел 2 "Технические данные").

7.5. Перед установкой расходомера необходимо провести его натурное опробование на функционирование в соответствии со схемой, приведенной в приложении 19, и проверить соответствие паспортным

данным. Для этого необходимо выдержать расходомер в течение часа в рабочем состоянии, а затем поочередно имитировать значения уровня, соответствующие 0, 20, 40, 60, 80 и 100 % диапазона, и определять период увеличения показаний счетчика объема на 1 м³. Период счета счетчика объема определяется с помощью секундомера. Расход вычисляется по формуле

$$Q=(3600 \text{ с} / t_{\text{изм}} \text{ с}) \cdot 1 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $t_{\text{изм}}$ - период увеличения показаний на 1 м³ (с).

7.6. Установка расходомеров.

7.6.1. Установка АП.

Установить АП на месте крепления (приложения 13 - 18).

Звуководная труба (приложения 13, 14, 17) изготавливается заказчиком по приведенным эскизам из пластика или нержавеющей стали. В процессе эксплуатации необходимо периодически производить механическую очистку внутренних стенок звуководной трубы.

Закрепление АП производить через резиновую прокладку толщиной не менее 3 ÷ 5 мм. Точность установки АП по вертикали должна быть не менее $\pm 0,01H_{\text{max}}$ (H_{max} – диапазон изменения уровня), что может быть достигнуто использованием дополнительных резиновых прокладок.

Рекомендуется защитить АП от попадания атмосферных осадков.

Кроме того, необходимо предотвратить образование ледяных наростов в зимнее время на излучающей поверхности АП и на звуководной трубе путем утепления их наружных поверхностей техническим утеплителем (минвата).

Внимание! Если АП установлен в колодце на глубине до 3-х метров, рекомендуется установка второй крышки колодца для утепления в зимнее время.

Если АП установлен в колодце на открытом лотке с теплой водой, рекомендуется закрыть лоток крышкой для того, чтобы интенсивное испарение не вывело расходомер из строя.

7.6.2. Установку ППИ рекомендуется выполнять в металлическом шкафу со смотровым окном и петлями для опломбирования.

7.7. Электрическое соединение составных частей расходомера.

7.7.1. Электрическое соединение составных частей расходомера, подключение показывающего прибора и компьютера, а также подключение к сети переменного тока должно производиться в соответствии со схемой электрической соединений (приложение 12).

7.7.2. Электрическое соединение ППИ с сетью (источником напряжения) осуществляется любым силовым кабелем с числом жил не менее 2-х, сечением каждой жилы не более $0,35 \text{ мм}^2$ и внешним диаметром не более 11 мм.

Внимание! Расходомер не имеет сетевого выключателя, поэтому подключение к питающей сети необходимо производить через автоматический выключатель.

7.7.3. Электрическое соединение АП с ППИ осуществляется кабелем КУПВ или другим аналогичным экранированным кабелем. Наружный диаметр кабеля не должен превышать 12 мм. При использовании неэкранированного кабеля необходимо осуществить его прокладку в металлических трубах. Если в кабеле остаются незадействованные жилы, они должны быть соединены с общим проводом (провод 2) с двух сторон. Допускается использование отдельных медных проводов сечением $0,2 \div 0,35 \text{ мм}^2$, проложенных в заземленной металлической трубе. При этом провод 5 должен быть экранированным.

7.7.4. Электрическое соединение ППИ с показывающим прибором и компьютером осуществляется проводами с сечением жил не более $0,35 \text{ мм}^2$.

7.8. Монтаж соединительных кабелей.

7.8.1. Прозвонить и замаркировать жилы соединительного кабеля. Разделить жилы кабеля.

7.8.2. Распаять в соответствии со схемой электрической соединений (приложение 12) жилы кабеля на цветные провода отрезка кабеля, выходящего из АП. Допускается соединять провода скруткой или с помощью клеммной колодки.

Внимание! Место соединения кабелей необходимо тщательно загерметизировать. Для этого рекомендуется производить соединение в распаечной коробке, которую затем заполнить густой смазкой (например, литол)

7.8.3. Подсоединение кабелей к ППИ осуществляется следующим образом:

а) отвинтить 2 винта и снять крышку корпуса, под которой располагаются клеммные колодки;

б) поочередно зачистить кабели, пропустить их сквозь уплотнительные сальники и закрепить в соответствующих клеммных колодках. Для удобства соединения концы проводов следует облудить припоем ПОС-60, провода перед клеммной колодкой изогнуть;

в) уплотнить сальники путем завинчивания накладных гаек и закрыть крышку корпуса.

7.8.4. После подключения соединительных кабелей крышку следует опломбировать.

7.8.5. Подключая сетевой соединительный кабель к распределительному щитку, необходимо соблюдать правила безопасности.

Внимание! Если колебания напряжения питающей сети превышают установленные пределы (220^{+22}_{-33}) В, необходимо установить стабилизатор напряжения.

8. ПОРЯДОК РАБОТЫ

8.1. Расходомеры обслуживаются оператором, знакомым с работой радиоэлектронной аппаратуры, изучившим Руководство по эксплуатации расходомера и прошедшим инструктаж по технике безопасности при работе с электротехническим оборудованием.

8.2. После подключения расходомера к питающей сети выполняется программа самодиагностирования и, в случае ее положительного исхода, автоматически устанавливается режим отображения текущих значений измеряемых величин (далее – режим "ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ").

В этом режиме на первую строку дисплея выводится наименование и размерность измеряемой величины, на вторую строку – ее числовое значение. Переход от одной отображаемой величины к другой осуществляется с помощью магнитоуправляемого переключателя "ПРОСМОТР". Последовательность перехода показана в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Величины, отображаемые в режиме "ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ"

Вид сообщения на первой строке дисплея	Вид измеряемой величины	Примечание
Объем, м ³	Накопленное значение объема протекшей жидкости	Выбирается автоматически при переходе в режим "ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ"
Время наработки	Время накопления объема в часах и минутах	
Расход, м ³ /ч	Объемный расход	
Уровень, м	Уровень в метрах	
Дата	Текущие дата и время в формате: год, месяц, число, часы, минута	Следующая величина – величина № 1

Для перехода из режима "ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ" в режим "АРХИВ" требуется поднести магнит к переключателю "АРХИВ".

Внимание! Для переключения магнитоуправляемого переключателя необходимо провести магнитом вдоль в области, обозначенной на передней панели прибора. Не допускается перемещение магнита поперек области переключателя.

На дисплей можно последовательно вывести набор предложений для выбора (меню). Переход от одного предложения к другому осуществляется с помощью магнитоуправляемого переключателя ПРОСМОТР". Содержание предложений и их последовательность показаны в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Меню режима "АРХИВ"

№ п.п.	Вид сообщения на первой строке дисплея	Содержание предложения	Примечание
1	Архив за 24 ч	Просмотреть архив значений объема, зафиксированных по истечении каждого часа в течение последних 24 часов	Выбирается автоматически при переходе в режим "АРХИВ"
2	Архив за 30 сут	Просмотреть архив значений объема, зафиксированных по истечении каждых суток в течение последних 30 суток	
3	Перерывы учета	Просмотреть архив временных интервалов, в течение которых прерывался учет объема протекшей жидкости	Следующее предложение – предложение № 1

Выбор нужного предложения осуществляется с помощью магнитоуправляемого переключателя "ВВОД".

После выбора предложения № 1 или предложения № 2 на первой строке дисплея появляется сообщение [ДАТА], на второй строке – числовое значение объема.

[ДАТА]
[числовое значение объема]

С помощью магнитоуправляемого переключателя "ВВОД" на дисплей выводится следующее значение объема из выбранного архива. Повторяя указанное действие, можно достигнуть "дна" архива. Следующее поднесение магнита к переключателю "ВВОД" приведет к возврату к первому значению.

Для движения по архиву в обратном направлении используется магнитоуправляемый переключатель "ПРОСМОТР".

Если выбрано предложение №3, то на первой строке дисплея появляются дата и время последнего включения прибора (на это указывает символ **"вкл"** в начале строки), а на второй строке – дата и время предшествующего выключения (символ **"выкл"** в начале строки). При этом под "выключением" здесь понимается любое событие, прерывающее учет объема протекшей жидкости. Такими событиями могут быть выключение электропитания расходомера, а также возникновение какой-либо неисправности, обнаруживаемой средствами самодиагностирования. "Включение" означает возобновление прерванного процесса учета.

Так же, как и в случае выбора предложений №1 и №2, магнитоуправляемый переключатель "ВВОД" позволяет передвигаться вглубь архива, а магнитоуправляемый переключатель "ПРОСМОТР" обеспечивает движение в обратном направлении. Данный архив хранит информацию о 20 последних включениях и выключениях расходомера.

При обращении к незаполненным страницам какого-либо из трех архивов на дисплей выводится символ отсутствия информации "----".

8.3. Вывод информации на компьютер.

8.3.1. Вывод информации возможен как по трехпроводной линии связи (расстояние не более 100 м) в соответствии со схемой соединений (приложение 12), так и с использованием модемов по телефонным сетям.

Вывод информации возможен в системе WINDOWS и в системе DOS. Необходимое программное обеспечение входит в комплект поставки при заказе блока связи с компьютером.

Внимание! Для получения достоверного архива необходимо согласовать часы реального времени компьютера и расходомера.

8.3.2. Работа в системе **WINDOWS**.

Открыть файл "СИГНУР232". Выполнить необходимые установки: выбрать тип прибора и порт подключения к компьютеру.

Через интерфейс RS-232 в режиме "ПРИЕМ" осуществляется вывод текущих значений мгновенного расхода и уровня заполнения водовода ("ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ"), а также содержимого почасового (за последние 24 часа), посуточного (за последние 30 суток) архивов и архива перерывов учета ("АРХИВ").

Данные могут быть представлены как в текстовом, так и в графическом виде ("ВИД"), при необходимости могут быть распечатаны или сохранены в удобной форме ("ДААННЫЕ" или "ТЕКСТ").

8.3.3. Работа в системе **DOS**.

Внимание! Работа в режиме эмуляции DOS невозможна.

Открыть директорию "RS-232".

При отработке файла **flowmtr.exe** на дисплей графически выводятся текущие значения мгновенного расхода и уровня заполнения водовода.

При отработке файла **arch_st.exe** следует ввести номер порта компьютера, к которому подключен расходомер, тип прибора и затем, по запросу, порядковый номер отчета (не более трех знаков). Таким образом формируется текстовый файл **reporXXX.txt** в формате DOS. Этот файл можно при необходимости просмотреть, распечатать и т.д. в текстовом редакторе DOS.

8.4. Корректировка параметров расходомера

С помощью переключателей возможна корректировка следующих параметров:

дата и время;

диапазон выходного тока (Диап.вых. тока);

установочные данные (КАЛИБРОВКА)².

Для перехода из режима «ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ» в режим корректировки требуется нажать кнопку «М», которая расположена под крышкой прибора (приложение 11).

8.4.1. После однократного нажатия кнопки «М» на дисплее появится текущее значение даты и времени:

ДАТА И ВРЕМЯ
[месяц, число, часы, минуты]

Если необходимо ввести новые значения "ДАТА И ВРЕМЯ", следует воспользоваться переключателем "ВВОД", и на дисплее появится приглашение:

ДАТА И ВРЕМЯ
X.XX.XX – XX:XX

Затем следует воспользоваться переключателями "ПРОСМОТР" (перемещение курсора слева направо) и "АРХИВ" (увеличение на единицу значения разряда, выделенного курсором). Первый (левый) разряд соответствует остатку от деления значения года на 4, второй и третий – номеру месяца, четвертый и пятый – дню месяца, шестой и седьмой – часам, восьмой и девятый – минутам.

После завершения набора даты и времени набранные значения фиксируются с помощью переключателя "ВВОД". Если набранные значения корректны, то они остаются на дисплее, в

² Выполняется уполномоченными организациями по паролю

противном случае на дисплее появляется и удерживается в течение 3 с следующее сообщение:

Неисправность 10:
ОШИБКА УСТАНОВКИ

а затем появляются старые значения даты и времени.

8.4.2. Переход к установке диапазона выходного тока осуществляется с помощью переключателя «ПРОСМОТР». На дисплее появится сообщение:

ДИАП.ВЫХ.ТОКА
[Диапазон, мА]

(верхний предел сигнала постоянного тока, пропорционального измеряемому расходу жидкости, соответствует верхнему пределу измеряемого расхода.

Если необходимо ввести новое значение диапазона выходного сигнала постоянного тока, следует воспользоваться переключателем "ВВОД", после чего в левом нижнем углу дисплея замигает курсор.

С помощью переключателя "ПРОСМОТР" производится перебор введенных в память прибора значений диапазонов выходного сигнала постоянного тока: 0...5 мА; 4...20 мА; 0...20 мА.

Для занесения в РПЗУ выбранного значения диапазона выходного сигнала постоянного тока необходимо воспользоваться переключателем "ВВОД" (при этом курсор погаснет), в противном случае переход к следующему параметру будет запрещен.

8.4.3. Переход к следующему пункту – «КАЛИБРОВКА» осуществляется с помощью переключателя «ПРОСМОТР». На дисплее появится сообщение:

КАЛИБРОВКА

Вход в режим «КАЛИБРОВКА» осуществляется с помощью переключателя «ВВОД». На дисплее появится сообщение:

ВВЕДИТЕ ПАРОЛЬ
[0000]

где старший разряд выделится курсором.

Увеличение на единицу значения разряда, выделенного курсором, осуществляется переключателем “АРХИВ”, а перемещение курсора слева направо – переключателем “ПРОСМОТР”. Набранное значение пароля фиксируется переключателем “ВВОД”. Если пароль введен неправильно, то на дисплее на 3 – 4 с появится сообщение:

НЕИСПРАВНОСТЬ 12
Ошибка установки

а потом сообщение:

КАЛИБРОВКА

Если пароль введен правильно, на дисплее появится сообщение:

МНОЖИТЕЛЬ РАСХОДА
[численное значение 0,01 – 99,99]

8.4.3.1. Множитель расхода изменяется при необходимости коррекции напорно-расходной характеристики расходомера при неизменном значении диапазона изменения уровня.

Если необходимо ввести новое значение множителя расхода, то следует воспользоваться переключателем “ВВОД”, после чего старший разряд численного значения выделится курсором. Увеличение на единицу значения разряда, выделенного курсором, осуществляется переключателем “АРХИВ”, а перемещение курсора слева направо – переключателем “ПРОСМОТР”.

Набранное числовое значение записывается в РПЗУ с помощью переключателя “ВВОД”. Если набранное значение корректно, то оно окажется на дисплее, в противном случае появляется и в течение 3 с удерживается сообщение:

НЕИСПРАВНОСТЬ 12
Ошибка установки,

а затем появляется старое численное значение множителя расхода.

8.4.3.2. Переход к следующему пункту – "СТИРАНИЕ АРХИВОВ" – осуществляется с помощью переключателя "ПРОСМОТР". На дисплее появится сообщение:

СТИРАНИЕ АРХИВОВ
СБРОС СЧЕТЧИКОВ

Для стирания архивов необходимо воспользоваться переключателем "ВВОД", тогда на дисплее появится сообщение:

ВЫ УВЕРЕНЫ?
ДА – [В], НЕТ – [П]

Если воспользоваться переключателем [В] "ВВОД", то начнется стирание архивов, и на дисплее появится сообщение:

ИДЕТ СТИРАНИЕ.
ЖДИТЕ...

Через 15-20 с произойдет стирание архивов, и на дисплее появится сообщение:

СТИРАНИЕ АРХИВОВ
СБРОС СЧЕТЧИКОВ

Если же воспользоваться переключателем [П] "ПРОСМОТР", то стирание архивов не произойдет, и на дисплее снова появится сообщение:

СТИРАНИЕ АРХИВОВ
СБРОС СЧЕТЧИКОВ

8.4.3.3. Переход к следующему пункту – *настройка тока ПНЧ* – осуществляется с помощью переключателя "ПРОСМОТР". На дисплее появится сообщение:

ВЫХ.ТОК ПНЧ, мкА
[численное значение]

Значение выходного тока ПНЧ устанавливается равным значению тока I_0 , втекающего на 1-ую клеммную колодку АП при подключенном датчике (АП-11; АП-13). Величина этого тока измеряется следующим образом: в разрыв провода, подключенного к 1-ой колодке, вставляется

резистор С2-29В номиналом порядка 1 кОм и измеряется падение напряжения на нем, а затем вычисляется значение тока I_0 .

Численное значение выходного тока ПНЧ устанавливается с помощью переключателей:

“ВВОД” - к численному значению прибавляется единица;

“АРХИВ” - от численного значения вычитается единица.

8.4.4.4. Переход к следующему пункту – *настройка измерителя температуры* – осуществляется с помощью переключателя "ПРОСМОТР".

На дисплее появится сообщение:

ТЕМПЕРАТУРА
[численное значение]

Численное значение температуры устанавливается с помощью переключателей:

“ВВОД” - к численному значению прибавляется единица;

“АРХИВ” - от численного значения вычитается единица.

Численное значение «ТЕМПЕРАТУРА» подстраивается под показания термометра, установленного около АП. Прибор должен находиться во включенном состоянии не менее 1 часа.

8.4.4.5. Переход к следующему пункту – *настройка измеренного расстояния* – осуществляется с помощью переключателя "ПРОСМОТР"; на дисплее появится сообщение:

РАССТОЯНИЕ, М
[численное значение]

Численное значение расстояния должно быть равно расстоянию от датчика до отражателя минус величина неизмеряемой зоны. Оно устанавливается с помощью переключателей:

“ВВОД” - к численному значению прибавляется единица;

“АРХИВ” - от численного значения вычитается единица.

Для выхода из любого пункта в режим «ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ» необходимо воспользоваться кнопкой «М».

9. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

9.1. Общие указания.

9.1.1. Устранять обнаруженные неисправности допускается только при отключенном от силовой сети расходомере.

9.1.2. Перечень наиболее часто встречающихся или возможных неисправностей приведен в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Наименование неисправности, внешние проявления и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
<p>При включении питающего напряжения не горит цифровой дисплей</p> <p>Показания расходомера (расход, уровень) значительно превышают реальные вследствие возникновения помехи в акустическом канале</p>	<p>Отсутствует напряжение сети</p> <p>Оборван сетевой кабель</p> <p>Перегорели предохранители FU1 и FU2</p> <p>Неверно изготовлена звуководная труба, или элементы конструкции водовода мешают выполнению измерений, или в процессе эксплуатации на внутренних стенках или на конце звуководной трубы образовались наросты</p>	<p>Устранить причину отсутствия сетевого напряжения Восстановить сетевой кабель</p> <p>Отключить расходомер от сети. Открыть крышку ППИ и заменить предохранители Отвинтить два винта, открыть крышку. Подключить осциллограф к клеммам 5 и 2 соединения с АП. Убедиться в наличии помехи (см. приложение 2, эпюра 3) Исправить конструкцию установки АП для устранения помехи</p>

Продолжение табл.4

<i>Неисправности, обнаруживаемые средствами самодиагностики</i>		
Неисправность 1: ошибка ПЗУ	Искажение информации, хранимой в ПЗУ	Требуется перепрограммирование ПЗУ

Неисправность 2: ошибка ОЗУ	Дефект ОЗУ	Требуется замена ОЗУ
Наименование неисправности, внешние проявления и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
Неисправность 3: ошибка чтения	Дефект энергонезависимой памяти	Требуется замена энергонезависимой памяти
Неисправность 4: ошибка записи	- « -	- « -
Неисправность 5: ошибка хранения	- « -	- « -
Неисправность 6: $T < -50\text{ }^{\circ}\text{C}$	Дефект в цепи термодатчика	Заменить или отремонтировать кабель
Неисправность 7: ошибка буф. ОЗУ	Дефект буферного ОЗУ	Требуется замена буферного ОЗУ (D7, плата A1)
Неисправность 8: Ошибка RS-232	Дефект в кабеле связи ППИ с компьютером	Заменить или отремонтировать кабель
Неисправность 9: нет эхо-сигнала	Дефект в кабеле связи АП с ППИ Перегорел предохранитель в цепи питания АП из-за промокания соединительного кабеля АП залит водой	Обнаружить и устранить короткое замыкание или обрыв в кабеле связи. Просушить соединительный кабель и заменить предохранитель Определить причину и устранить
<i>Продолжение табл.4</i>		
Наименование неисправности, внешние проявления и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
	На излучающей поверхности АП образовался нарост вещества	Очистить излучающую поверхность
	На поверхности	Толщина пены на по-

	контролируемой среды образовалась пена	верхности контролируемой жидкости не должна превышать 30-40 мм
Неисправность 11: ошибка таймера	Дефект часов реального времени	Требуется замена часов реального времени
Неисправность 12: ошибка установки	Некорректное вводимое значение даты и времени	После появления приглашения ввести дату и время
Неисправность 13:	Дефект часов реального времени или цепи прерывания микроконтроллера	Требуется замена микросхемы PCF 8583
Неисправность 14: нет токового сигнала	Обрыв в цепи нагрузки токового выхода	Требуется ремонт регистрирующего прибора или линии связи

*В случае сбоя в цепи батареи питания или разряда батареи на дисплее в режиме "ОБЪЕМ" в левом верхнем углу выводится темный прямоугольник. Это означает, что произошел сбой часов реального времени. В этом случае расходомер сохраняет работоспособность за исключением возможности архивирования результатов измерений. При попытке войти в режим "АРХИВ" на дисплее появляется сообщение:

"Доступ закрыт.
Нажмите кн. АРХИВ".

После восстановления батарейного питания необходимо произвести установку часов и календаря (п.8.4.1.)

Для устранения любой из обнаруженных неисправностей, кроме неисправностей с номерами 6, 8, 9, 12, 14, **прибор следует передать организации-изготовителю.**

10. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

10.1. Общие указания.

10.1.1. Техническое обслуживание расходомеров производится предприятием-потребителем. Снимать пломбы (мастичные печати) в

течение гарантийного срока имеет право предприятие-изготовитель или уполномоченные организации.

10.1.2. После устранения неисправностей необходимо провести проверку расходомеров на нормальное функционирование.

10.2. Профилактическое обслуживание проводится раз в 2 года (если условия эксплуатации не требуют более частого обслуживания).

При профилактическом обслуживании проводятся следующие работы:

- внешний осмотр;
- проверка состояния внутренних стенок звуководной трубы (при ее наличии);
- проверка чистоты излучающей поверхности АП;
- проверка состояния кабеля связи между АП и ППИ.

10.3. Основные правила монтажа и ремонта расходомеров. Все операции производить при отключенных от сети расходомерах.

10.3.1. Правила разборки АП.

Разборка АП производится в следующем порядке:

- отвернуть нажимную гайку сальника, уплотняющего ввод кабеля;
- отвернуть крышку;
- отвернуть две гайки и снять печатную плату.

Вышедшие из строя детали АП заменить.

Сборка АП производится в порядке, обратном описанному выше. Резьбу крышки и нажимную гайку перед завинчиванием необходимо смазать герметиком.

10.3.2. При разборке ППИ снять пломбу и открыть переднюю крышку прибора, обеспечив доступ ко всем элементам.

11. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

Хранение расходомеров должно осуществляться по условиям хранения 3 по ГОСТ 15150.

11.1. Расходомеры в упаковке предприятия-изготовителя, в зависимости от срока, могут храниться в условиях капитальных отапливаемых помещений, при отсутствии в воздухе паров кислот, щелочей и других вредных веществ, вызывающих коррозию.

11.2. Срок хранения расходомеров в упаковке предприятия-изготовителя - 1 год.

12. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Условия транспортирования расходомеров должны соответствовать условиям транспортирования 5 по ГОСТ 15150.

Перед транспортированием приборы и документация, входящие в расходомер, должны быть упакованы.

Рекомендуется использовать транспортную тару и первичную упаковку предприятия-изготовителя.

13. ПОВЕРКА РАСХОДОМЕРА

13.1. Первичная поверка расходомера проводится при выпуске из производства.

13.2. Периодическая поверка расходомера проводится при эксплуатации не реже одного раза в 2 года.

13.3. Внеочередная поверка расходомера проводится при эксплуатации в следующих случаях:

- после ремонта;
- при необходимости удостовериться в исправности расходомера;
- при повреждении пломбы и утрате документов, подтверждающих прохождение расходомером периодической поверки;
- при вводе в эксплуатацию после хранения более двух лет.

Поверка расходомера после устранения неисправностей, не влияющих на метрологические характеристики (замена предохранителей, проводов, разъемов и т.п.), не проводится.

13.4. Методика поверки расходомера

13.4.1. Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в табл.4:

Таблица 4

<i>Наименование операции</i>	<i>Номер пункта</i>
Проверка внешнего вида	13.4.5.1
Опробование	13.4.5.2.
Определение основной погрешности	13.4.5.3

13.4.2. Средства поверки

13.4.2.1. Поверка выполняется натурным способом при помощи щита-отражателя из отражающего звук материала (металла, дерева и т.д.) размером не менее:

0,7 x 0,7 м для АП-11 и

0,2 x 0,2 м для АП-13.

При этом применяются следующие средства:

- секундомер «Агат» с ценой деления 0,2 с;
- термометр с пределами измерения от 0 °С до 50 °С по ГОСТ 2323-73;
- гигрометр психрометрический ВИТ-2 с пределами измерения относительной влажности от 20 до 90 % по ГОСТ 6363-52;
- барометр-анероид М67 с пределами измерения давления от 610 до 790 мм рт. ст. по ТУ 912-500-ТУ1;
- рулетка аттестованная с пределами измерения 0 – 3 м.

Допускается применение других средств измерений с аналогичными или лучшими метрологическими характеристиками.

13.4.2.2. Все средства поверки должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм.

13.4.3. Требования безопасности

13.4.3.1. К проведению поверки допускаются лица, изучившие Руководство по эксплуатации.

13.4.3.2. При установке и монтаже расходомеров должны строго соблюдаться правила техники безопасности, изложенные в разделе 6 "Указания мер безопасности".

13.4.4. Условия поверки и подготовка к ней

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 0,084 до 1 МПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- питание от сети переменного тока напряжением ($220 \pm 4,4$) В, частотой ($50 \pm 0,5$) Гц;
- отсутствие вибрации, тряски, магнитного поля, кроме земного;
- перед началом поверки расходомер должен быть выдержан в указанных выше условиях в выключенном состоянии не менее 1 ч;
- расходомер должен быть выдержан в течение 1 ч. после включения напряжения питания.

13.4.5. Проведение поверки

13.4.5.1. Проверка внешнего вида.

При проверке внешнего вида должно быть установлено соответствие маркировки указанной в разделе "Маркирование и пломбирование" Руководства по эксплуатации, комплектности датчика расхода указанной в паспорте, а также сохранность пломбы на ППИ-Р.

При проверке внешнего вида расходомера должно быть установлено отсутствие механических повреждений.

13.4.5.2. Опробование расходомера

При опробовании расходомера должно быть установлено общее функционирование расходомера (переключение счетчика при поступлении сигналов от любой отражающей поверхности) и его работоспособность.

13.4.5.3. Определение основной относительной погрешности расходомера

Для испытания необходима аттестованная рулетка или линейка длиной не менее величины расстояния, равного сумме неизмеряемого уровня и диапазона измерения, отсчитываемого от плоскости отсчета АП.

По градуировочной таблице, приведенной в паспорте расходомера, установить щит-отражатель на расстоянии от АП, соответствующем 20, 40, 60, 80 и 100 % от верхнего предела изменения уровня (приложение 19). Щит-отражатель должен быть установлен так, чтобы его плоскость и геометрическая ось АП были взаимно перпендикулярны. Точность установки щита-отражателя контролируется рулеткой. Отсчет показаний производится с помощью секундомера. Для этого при фиксированном значении уровня в указанных точках измеряется время увеличения показаний счетчика объема на 1 м^3 . Расход вычисляется по формуле:

$$Q_i = (3600 \text{ с} / t_{\text{изм}} \text{ с}) \cdot 1 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где $t_{\text{изм}}$ – время увеличения показаний на 1 м^3 .

Основная погрешность δ расходомера определяется как разность между фактическим значением расхода Q_i и значением расхода Q_p , указанным в градуировочной таблице, отнесенная к Q_p , и выражается в процентах.

Погрешность определяется по формуле:

$$\delta_i = \frac{Q_i - Q_p}{Q_p} \cdot 100\%$$

Количество измерений в каждой из пяти указанных контрольных точек должно быть не менее трех.

Максимальное значение величины δ принимается за основную погрешность измерения.

13.4.6. Оформление результатов поверки

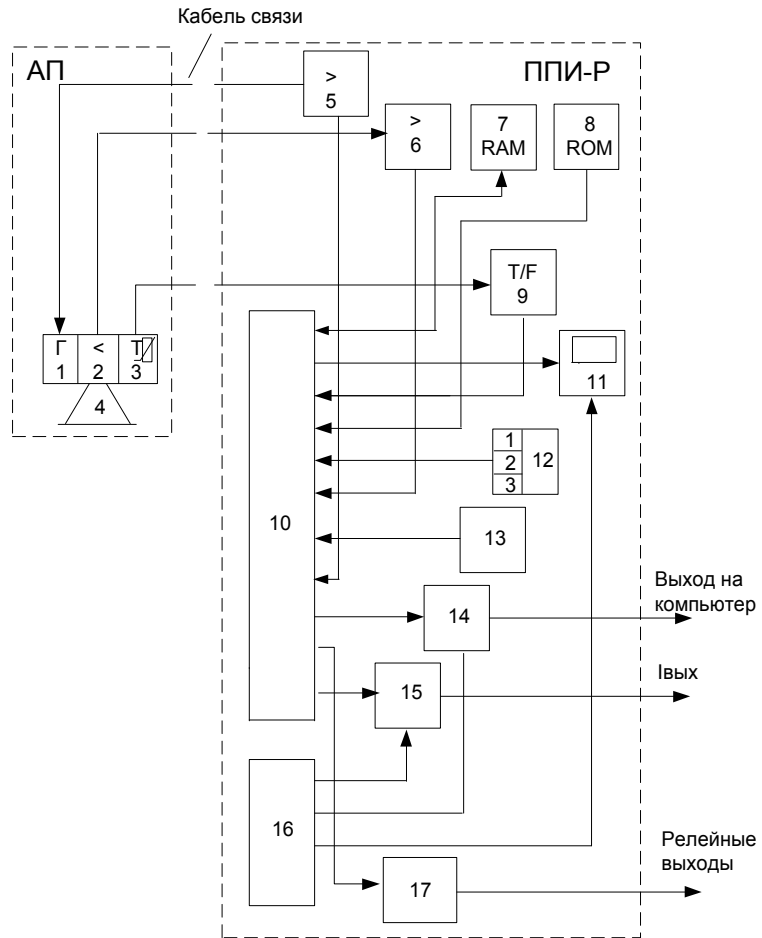
13.4.6.1. По положительным результатам первичной поверки при выпуске из производства делается запись в паспорте расходомера, которая скрепляется оттиском поверительного клейма.

13.4.6.2. Положительные результаты периодической и внеочередной поверки следует оформлять свидетельством о поверке, а в паспорте делается запись результатов поверки.

13.4.6.3. По результатам периодической и внеочередной поверки составляется протокол, который скрепляется оттиском поверительного клейма.

13.4.6.4. При отрицательных результатах поверки расходомер к применению не допускается. В паспорте делается запись о непригодности расходомера.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАСХОДОМЕРА

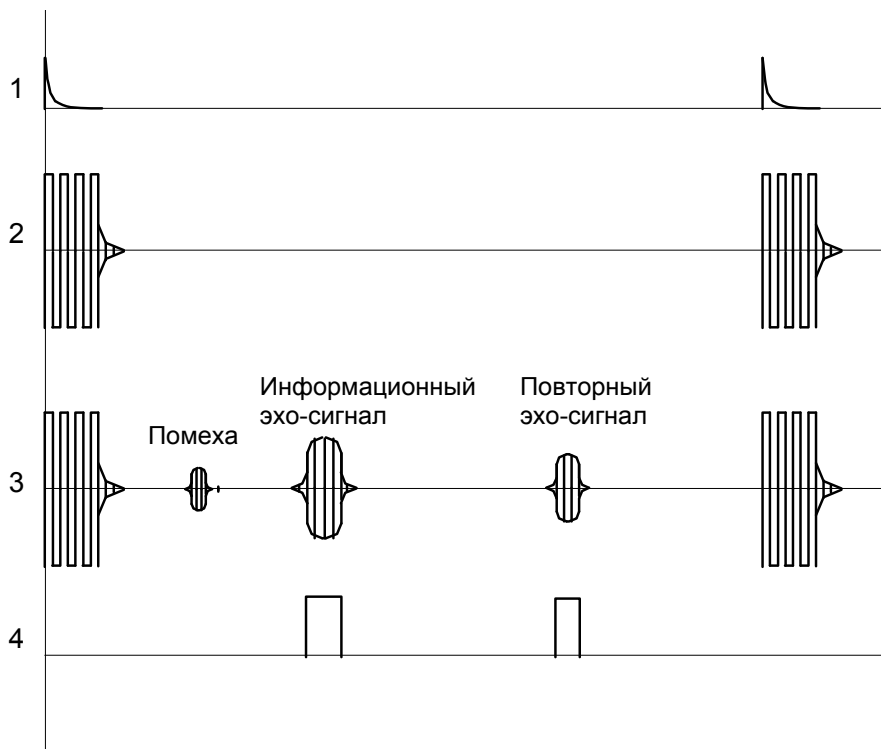


1 – генератор зондирующих сигналов;

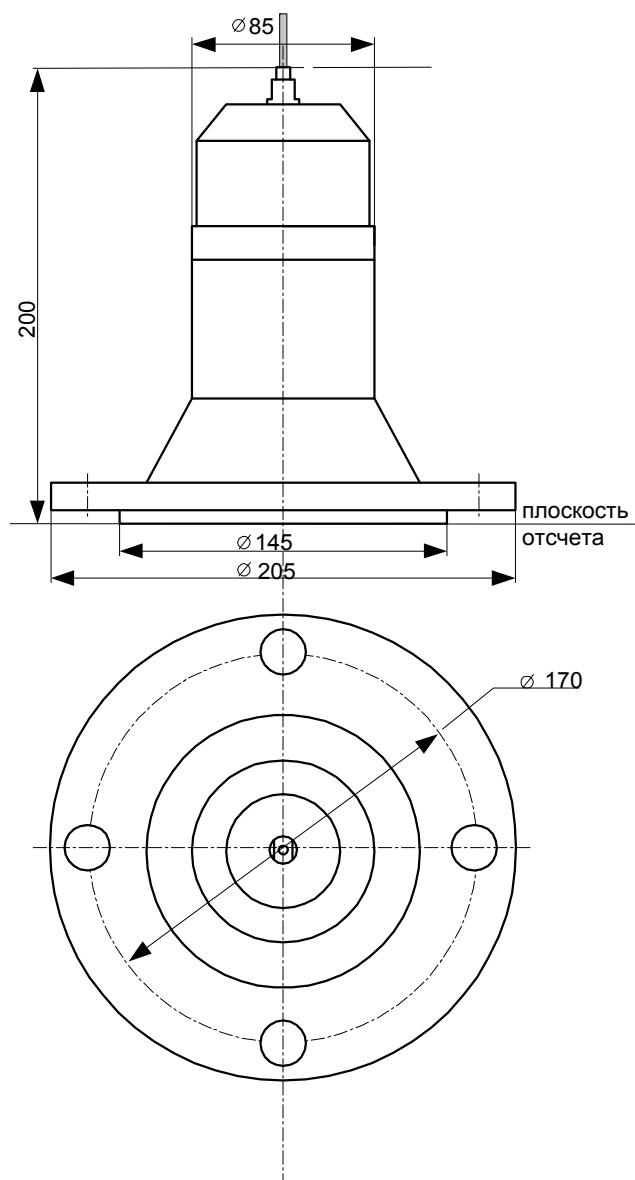
2 – предварительный усилитель;

- 3 – термопреобразователь;
- 4 – электроакустический преобразователь;
- 5 – буферное устройство;
- 6 – усилитель-формирователь информационных сигналов;
- 7 – ОЗУ;
- 8 – ПЗУ;
- 9 – преобразователь тока термопреобразователя в частоту;
- 10 – контроллер;
- 11 – дисплей;
- 12 – магнитоуправляемые переключатели;
- 13 – кнопка переключения режима;
- 14 – узел интерфейса;
- 15 – преобразователь «код-ток»;
- 16 – блок питания;
- 17 - блок уставок сигнализации

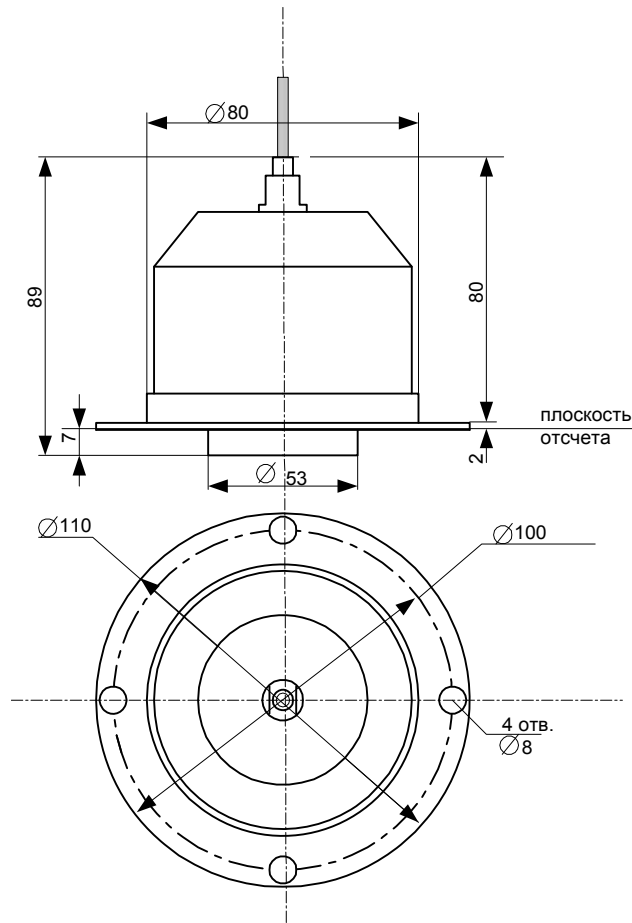
ЭПЮРЫ НАПРЯЖЕНИЙ



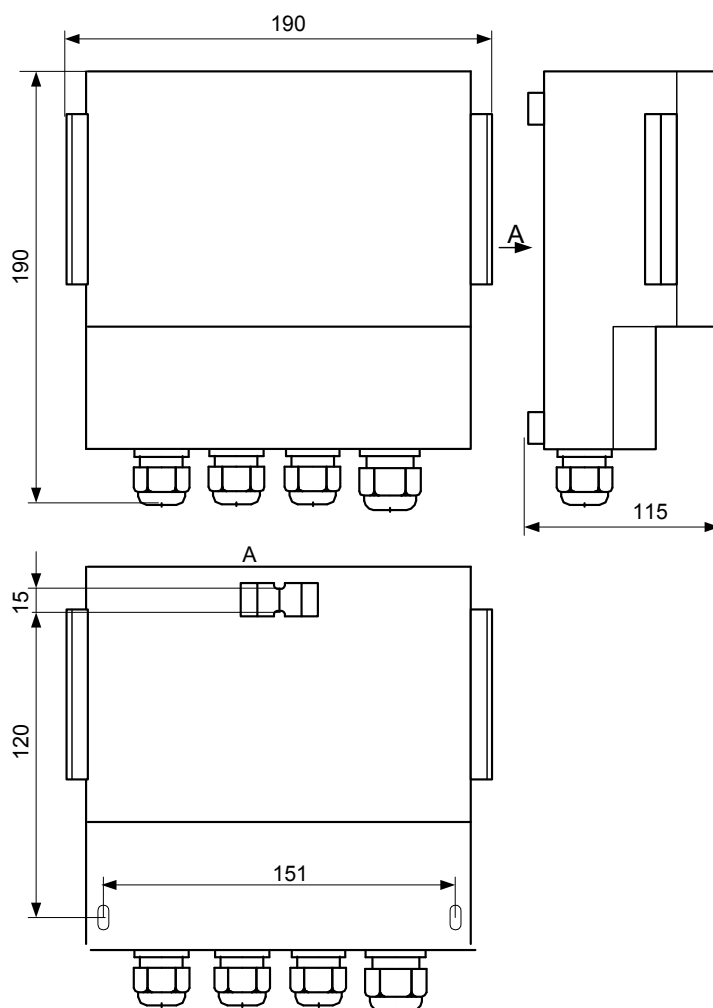
**ГАБАРИТНЫЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ
АКУСТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ АП-11**



**ГАБАРИТНЫЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ
АКУСТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ АП-13**

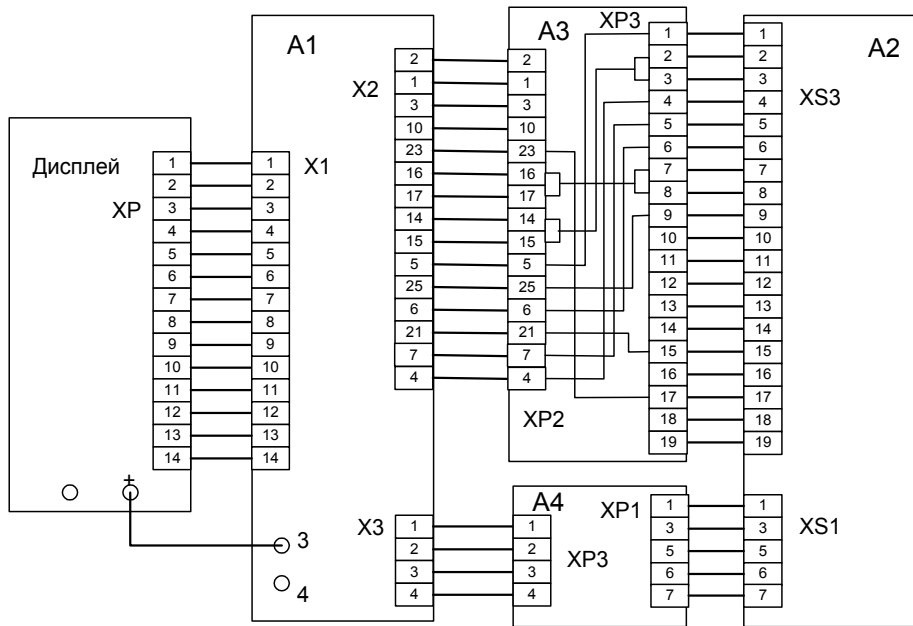


**ГАБАРИТНЫЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО ППИ-Р**

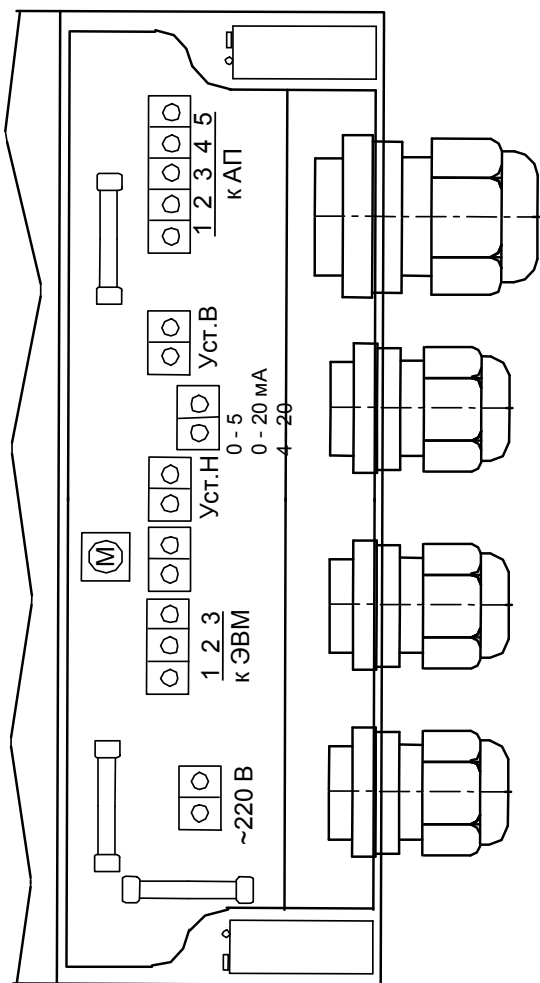


ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕДАЮЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ППИ-Р.

Схема электрическая соединений

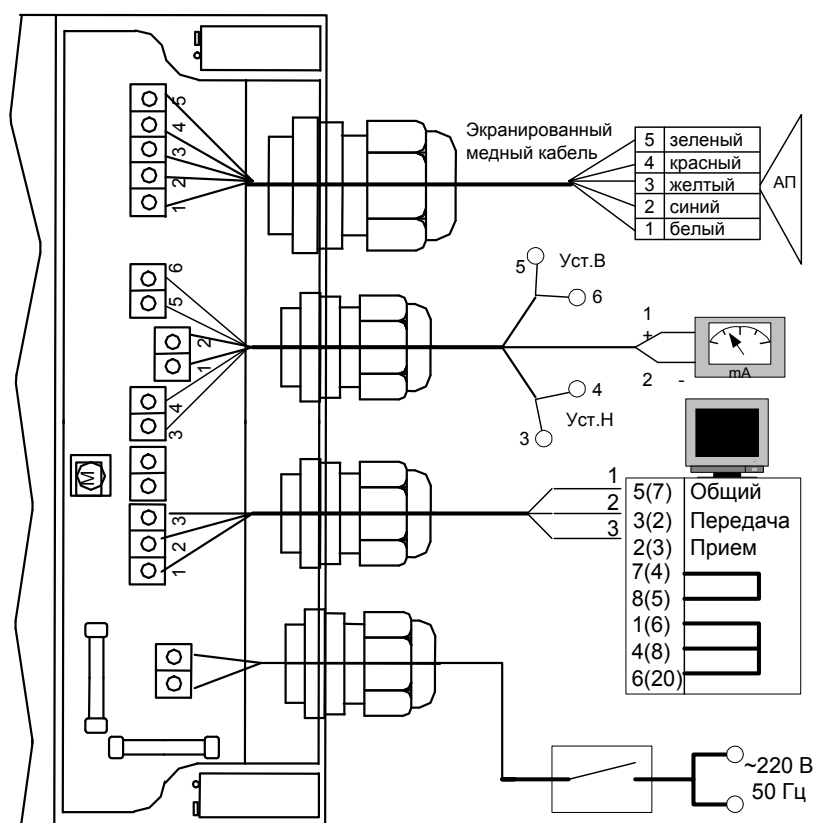


ЭСКИЗ КОММУТАЦИОННОЙ ПАНЕЛИ ППИ-Р



РАСХОДОМЕР С ИНТЕГРАТОРОМ АКУСТИЧЕСКИЙ «ЭХО-Р-02».

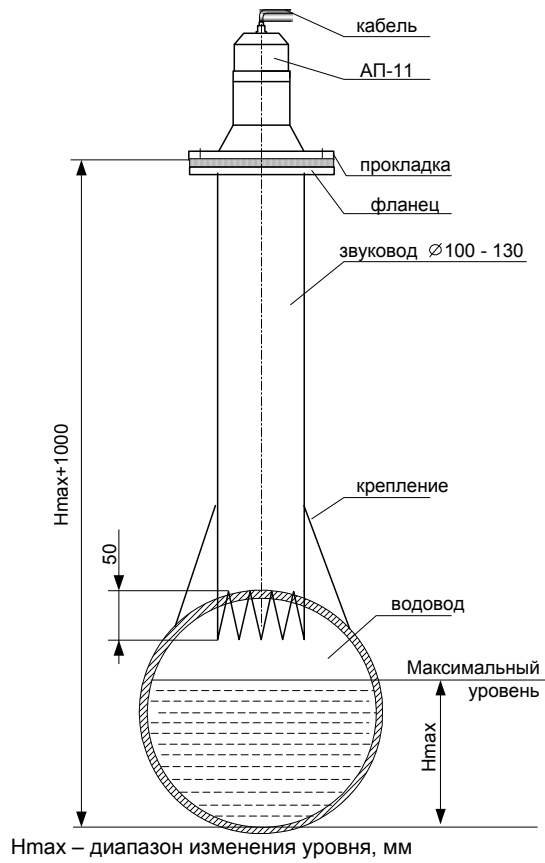
Схема электрическая соединений



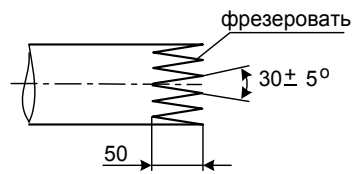
* Указан основной вариант для подключения расходомера к 9-контактному порту, а в скобках – для подключения к 25-контактному порту компьютера

ЭСКИЗ МОНТАЖА АП-11 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

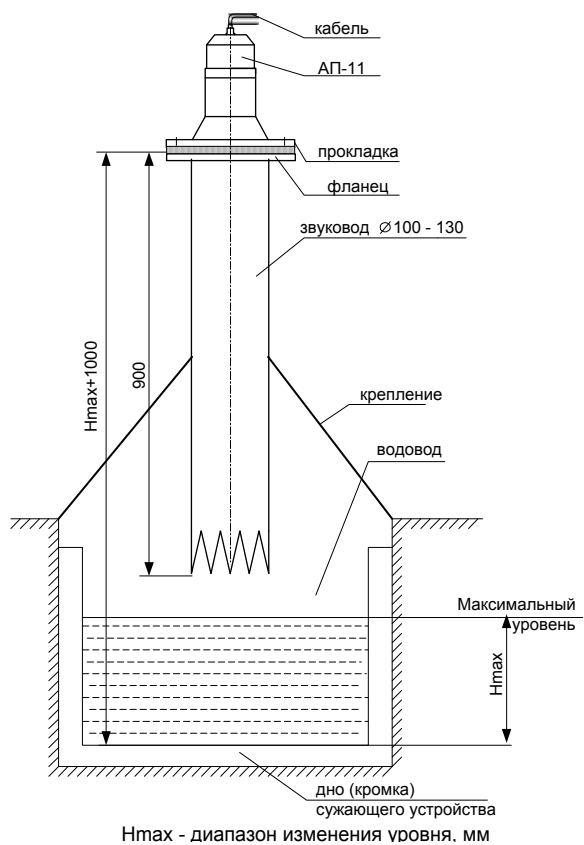
В ТРУБЕ $0,3 < H_{\max} < 3,0$ м



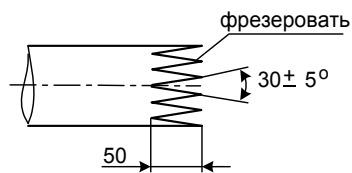
Эскиз обработки края звуковода



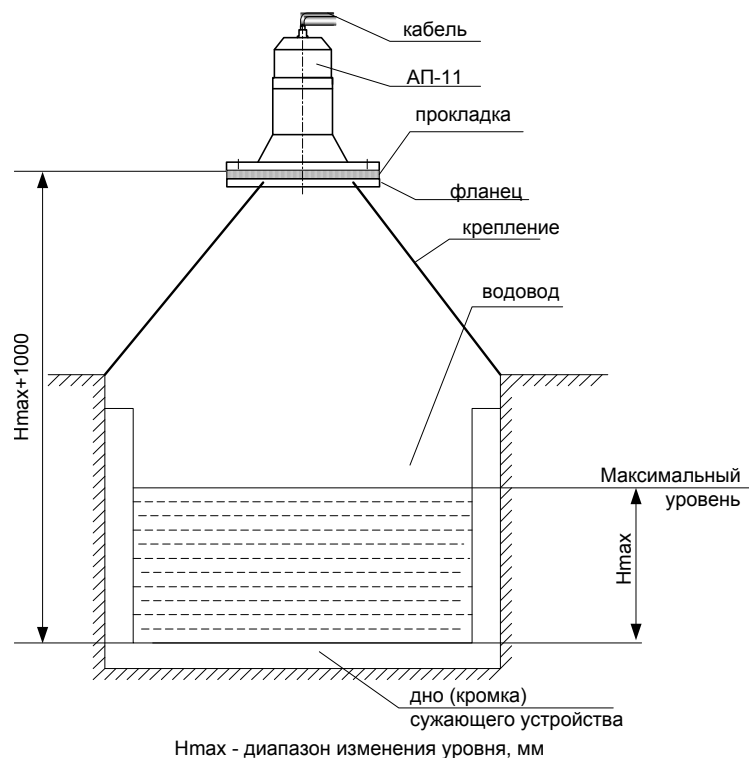
**ЭСКИЗ МОНТАЖА АП-11 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА
В КАНАЛЕ ШИРИНОЙ менее 0,6 м и $0,4 < H_{\max} < 3,0$ м**



Эскиз обработки края звуковода

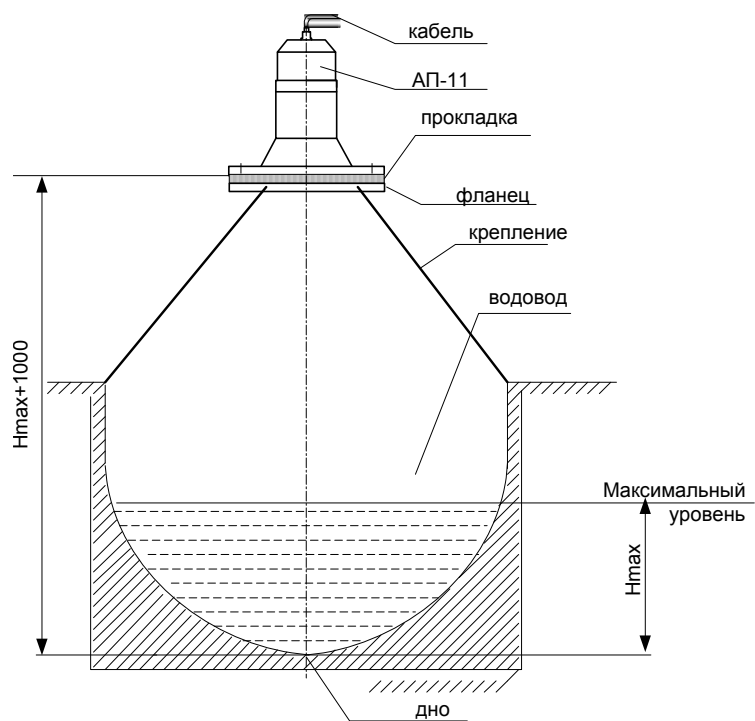


**ЭСКИЗ МОНТАЖА АП-11 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА
В КАНАЛЕ ШИРИНОЙ более 0,6 м и $0,4 < H_{\max} < 3,0$ м**



ЭСКИЗ МОНТАЖА АП-11 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

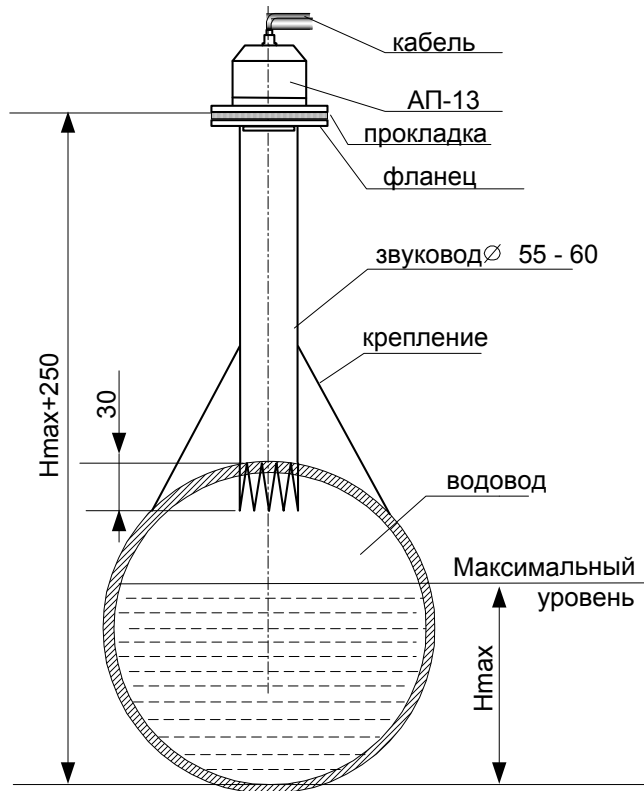
В ЛОТКЕ $0,4 < H_{\max} < 3,0$ м



H_{\max} - диапазон изменения уровня, мм

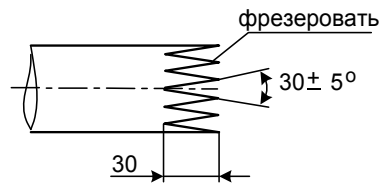
ЭСКИЗ МОНТАЖА АП-13 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

В ТРУБЕ $0,1 < H_{\max} < 0,3$ м



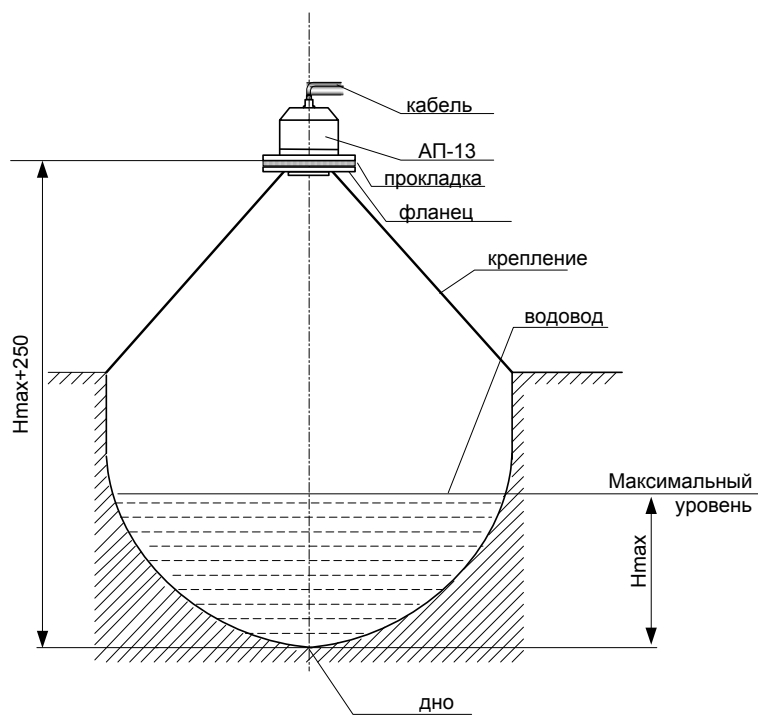
H_{\max} – диапазон изменения уровня, мм

Эскиз обработки края звуковода



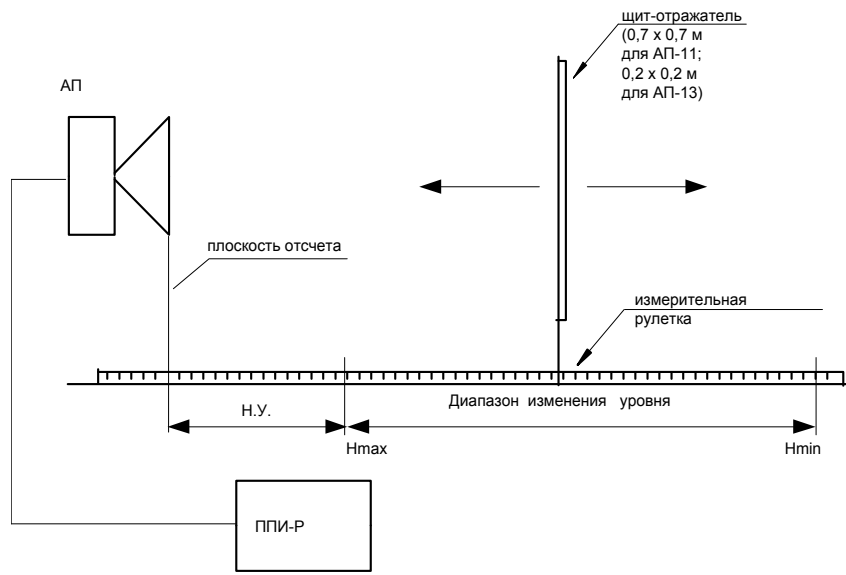
ЭСКИЗ МОНТАЖА АП-13 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

В ЛОТКЕ $0,1 < H_{max} < 0,3$ м



H_{max} - диапазон изменения уровня, мм

**ЭСКИЗ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ И НАТУРНОГО
ОПРОБОВАНИЯ РАСХОДОМЕРА «ЭХО-Р-02»**



СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ РАСХОДОМЕРОВ

ЭХО-Р-02 – АП-11 – мА – RS ТУ 4213-012-18623641-01



Настоящая рекомендация устанавливает методику выполнения измерений расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах диаметром от 0,1 до 3,0 м с поперечным сечением круговой формы и в лотках U-образной формы с полукруглым сечением.

Настоящую рекомендацию применяют для организации учета, в том числе коммерческого, сточных вод в системах канализации и водоснабжения.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

Метод измерений расхода сточных вод в безнапорных канализационных коллекторах основан на зависимости расхода воды от уровня заполнения трубопровода или измерительного лотка.

Для обеспечения возможности автоматических измерений расхода в безнапорных трубопроводах и лотках выполняют их калибровку по методу, разработанному НИИ КВОВ.

Суть метода состоит в измерениях скорости движения потока, уровня заполнения трубопровода или лотка, при котором выполнялись измерения скорости, в расчете на основе полученных результатов градуировочной характеристики водовода.

Погрешность автоматических измерений расхода складывается из погрешности калибровки трубопровода или лотка и погрешности расходомера

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}$$

где δ - погрешность автоматических измерений;

δ_1 - погрешность калибровки;

δ_2 - погрешность расходомера-счетчика

Допускается осуществлять калибровку трубопроводов и лотков расчетным

методом с использованием известной формулы Шеши. Основными исходными данными для такого расчета являются строительный уклон трубопровода и коэффициент шероховатости стенок. Однако уклон, указанный в строительной документации, очень часто не совпадает с реальным, а коэффициент шероховатости стенок изменяется в процессе эксплуатации. Поэтому калибровка трубопроводов и лотков расчетным методом дает менее точные результаты, чем экспериментальным методом НИИ КВОВ.

2. КАЛИБРОВКА ТРУБОПРОВОДА И ЛОТКА

2.1. Рекомендация составлена применительно к безнапорным трубопроводам с замкнутым поперечным сечением круглой формы или полукруглым сечением (лоток U-образной формы), транспортирующим сточную жидкость, и позволяет выполнять калибровку с погрешностью, не превышающей 2,5%.

2.2. Условия выполнения измерений, при которых достигается необходимая погрешность измерений (не более 4,0 %):

а) дно трубопровода не должно подвергаться заилению или отложению осадка (допускаемая толщина осадка (ила) указана в табл. 1.

Диаметр трубы, м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0
Допускаемая толщина слоя осадка, мм	1	2	2	5	5	8	8	10	10	12	15	20	25	30

б) поток должен быть установившимся, для чего длина прямого участка трубопровода, имеющего постоянный уклон и диаметр без боковых присоединений перед измерительным сечением, должна быть **не менее 20H**, а после него – **не менее 10H** (H – максимальный уровень заполнения).

При несоблюдении этих требований метрологические характеристики уточняют на основе проводимых на объекте исследований;

в) измерительное сечение, т.е. сечение, в котором располагаются приборы для измерения скорости и уровня, выбирают в середине трубопровода или лотка;

г) в измерительном сечении и вблизи него не должно быть местных выступов, закладных деталей и других предметов, вызывающих искажение уровня за счет местных возмущений потока.

2.3. Для калибровки трубопровода и измерительного лотка используют одноточечный метод определения расхода сточной жидкости. Этот метод основан на известной зависимости распределения скоростей в сечении трубопровода от основных параметров: диаметра и уровня заполнения;

2.4. Методику определения расхода сточной жидкости реализуют двумя способами:

- по измерениям средней скорости потока (V_{cp}) и расчете расхода по формуле

$$Q = \omega V_{cp} , \quad (1)$$

где ω - площадь сечения потока (определяется по формулам (5) и (7) соответственно для лотков круглого и U-образного сечения;

- по измерениям максимальной скорости (V_{max}) и расчете расхода по формуле

$$Q = \omega NV_{max} , \quad (2)$$

Значения N определяют по табл.2.

Выбор способа зависит от диаметра трубопровода и его наполнения. Первый способ рекомендуется использовать, когда расстояние максимальной скорости от поверхности жидкости меньше, чем 1,5 диаметра гидрометрической вертушки. В остальных случаях целесообразно использовать второй способ, так как измерение максимальной скорости проводят более точно, чем любой другой скорости в сечении потока, и, кроме того, при измерениях на большем расстоянии от дна лотка существует меньшая вероятность налипания загрязнений на вертушку.

Для практического использования метода составлены таблицы

2 и 3, позволяющие определить необходимые гидравлические параметры потока по результатам измерений диаметра трубопровода и наполнения лотка.

2.5. Требования к измерительному оборудованию:

- для измерений уровня допускается применять следующие средства: мерные иглы, крючковые рейки, пьезометрические трубки, водомерные трубки, водомерные рейки и т.п. ;

- скорость потока измеряют при помощи гидрометрических вертушек:

- для потоков глубиной менее 0,3 м : вертушки типа X-6M, ГР-55, М-11, ГР-96,
- для потоков глубиной более 0,3 м - вертушки ГР-21М, ГР-99, ИСТ.

2.6. Порядок выполнения измерений и расчетов.

2.6.1. Мерной штангой или стальной рулеткой измеряют горизонтальный диаметр трубы или лотка не менее, чем в трех сечениях. По среднему арифметическому из этих значений принимают значение D .

2.6.2. Измеряют уровень заполнения. Для этого с помощью мерной иглы или другого устройства измеряют расстояние от выбранной неподвижной базы до дна лотка, а затем до поверхности жидкости. Уровень жидкости в лотке H определяют, как разность этих измерений.

При небольших скоростях течения (менее 0,3 м/с) допускаются прямые измерения уровня путем погружения измерительных средств, предварительно натертых мелом, в жидкость.

2.6.3. По табл.2 находят ординату максимальной скорости h , соответствующую фактическим величинам D и H/D .

2.6.4. Определяют $(H - h)$.

2.6.5. При $(H - h) \leq 1,5$ диаметра гидрометрической вертушки расход определяют по средней скорости.

Для этого:

- вычисляют ординату средней скорости потока $Y_{ср}$ по формуле:

$$Y_{ср} = 0,414R \quad (3),$$

где R - гидравлический радиус сечения водовода, м.

Для водоводов круглого сечения и лотков U-образной формы при $H/D \leq 0,5$

$$R = \bar{R} D \quad (4)$$

где \bar{R} - относительный гидравлический радиус, определяемый по табл.3, вычисляют площадь живого сечения ω по формуле

$$\omega = \bar{\omega} D^2 \quad (5)$$

где $\bar{\omega}$ - относительная площадь живого сечения, определяемая по табл.3.

Для лотков U-образной формы при $H/D > 0,5$ гидравлический радиус определяют по формуле:

$$R_U = \frac{\omega_U}{\chi_U} \quad (6)$$

где ω_U - площадь живого сечения лотка, определяемая по формуле:

$$\omega_U = 0,3927 D^2 + D(H - \frac{D}{2}) \quad (7)$$

χ_U - смоченный периметр лотка –

$$\chi_U = 1,571D + 2(H - \frac{D}{2}) \quad (8)$$

На штанге с мерными делениями закрепляют вертушку на расстоянии $Y_{ср}$ от конца и измеряют скорость $V_{ср}$.

Расход Q вычисляют по формуле (1).

2.5.6. При $(H - h) > 1,5$ диаметра гидрометрической вертушки расход определяют также по максимальной скорости.

Примечание. Для лотков U-образной формы определение расхода

по максимальной скорости выполняют только при соотношении $\frac{H}{D} \leq 0,5$.

Для этого:

- на штанге с мерными делениями закрепляют вертушку на расстоянии h от конца;
- измеряют V_{max} на высоте h от дна лотка;
- по табл.2 находят значение N ;
- по формуле (5) определяют площадь живого сечения ω ;
- вычисляют расход Q по формуле (2);
- измерения скоростей в каждой из указанных точек проводят не менее трех раз, затем вычисляют среднее значение.

2.7. Градуировочную характеристику водовода – зависимость расхода от уровня определяют по графикам (рис.1, 2) соответственно для водоводов круглого и U-образного сечения. Определяют коэффициент A_0 , соответствующий измеренному наполнению,

$$A_0 = Q_0 / Q_{\text{п}},$$

где Q_0 – расход, вычисленный на основании измерений, при данном наполнении;

$Q_{\text{п}}$ - расход при полном наполнении.

По величине Q_0 , установленной для данного коллектора, и величине A_0 , определенной по графику в зависимости от наполнения, можно установить расход при любом наполнении.

На основании полученной характеристики градуируют расходомер, который будет использоваться для автоматического учета.

3. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ МЕТОДА

3.1. Для автоматических измерений расхода и объема сточных вод наиболее целесообразно использовать акустические бесконтактные расходомеры типа ЭХО-Р.

Принцип действия расходомера заключается в бесконтактном измерении уровня жидкости, протекающей в водоводе, и пересчете его в мгновенное значение расхода с последующим интегрированием.

Расходомер включает в себя электронный блок ППИ-Р и акустический преобразователь АП-11 или АП-13.

АП-11 предназначен для работы в диапазонах изменения уровня до 2 м, АП-13 – до 0,3 м.

Акустический преобразователь устанавливают над лотком и соединяют кабелем длиной до 100 м с электронным блоком. Электронный блок устанавливают в отапливаемом помещении. Для измерения расхода в безнапорных трубопроводах акустический преобразователь помещают в специальный звуковод.

Расходомер поверяют по МИ 2251-93 один раз в год.

Основные технические характеристики расходомера следующие:

Основная погрешность, % ± 3

Выходной сигнал :

- при измерениях объемного расхода, мА 0-5

- при измерениях количества – показания счетчика, м³

Напряжение питания, В 220

Температура окружающего воздуха, °С:

для акустического преобразователя -30 – +50

для электронного блока 5 – 50

Расходомер зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Производство работ по определению расходов сточной жидкости в системах канализации осуществляют в соответствии с действующими «Правилами техники безопасности по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест». М., Стройиздат, 1990.

Перед спуском людей в колодец, где проводят измерения, проверяют его загазованность лампой ЛБВК.

Таблица 2

Значения N и h для трубопроводов круглого сечения

D, мм	200		300		400		500	
	N	h	N	h	N	h	N	h
0,10	0,8537	18	0,8967	19	0,8563	36	0,8513	45
0,15	0,8440	25	0,8571	39	0,8545	52	0,8609	65
0,20	0,8501	35	0,8549	49	0,8608	66	0,8658	84
0,25	0,8632	39	0,8611	59	0,8658	80	0,8672	101
0,30	0,8575	45	0,8632	68	0,8675	92	0,8698	116
0,35	0,8673	50	0,8658	77	0,8700	104	0,8718	131
0,40	0,8603	57	0,8709	84	0,8721	114	0,8739	144
0,45	0,8680	59	0,8720	91	0,8741	123	0,8740	156
0,50	0,8721	63	0,8715	97	0,8742	132	0,8749	167
0,55	0,8701	66	0,8737	103	0,8743	140	0,8757	178
0,60	0,8740	69	0,8740	108	0,8753	147	0,8756	187
0,65	0,8742	72	0,8738	112	0,8755	153	0,8756	195
0,70	0,8727	75	0,8742	116	0,8749	159	0,8726	202
0,75	0,8742	76	0,8739	120	0,8743	164	0,8747	209
0,80	0,8723	78	0,8726	122	0,8720	168	0,8729	215

Продолжение табл.2

D, мм	600		700		800		900		1000	
	N	h	N	h	N	h	N	h	N	h
0,10	0,8571	54	0,856	64	0,8600	73	0,8608	82	0,8610	91
0,15	0,8609	79	0,8646	92	0,8651	105	0,8656	119	0,8663	132
0,20	0,8671	101	0,8668	118	0,8679	135	0,8690	153	0,8730	170
0,25	0,8698	121	0,8703	142	0,8718	163	0,8723	184	0,8703	206
0,30	0,8718	141	0,8723	165	0,8730	189	0,8741	214	0,8749	238
0,35	0,8730	158	0,8742	186	0,8750	213	0,8761	241	0,8767	269
0,40	0,8722	179	0,8754	205	0,8764	236	0,8751	266	0,8776	297
0,45	0,8752	189	0,8762	223	0,8774	256	0,8779	290	0,8786	323
0,50	0,8752	203	0,8773	239	0,8778	275	0,8783	311	0,8790	348
0,55	0,8770	216	0,8773	254	0,8780	292	0,8787	331	0,8791	370
0,60	0,8769	227	0,8773	267	0,8781	308	0,8778	352	0,8791	390
0,65	0,8766	237	0,8773	280	0,8777	323	0,8782	366	0,8787	409
0,70	0,8761	246	0,8766	291	0,8771	335	0,8775	380	0,8779	426
0,75	0,8752	255	0,8755	301	0,8761	347	0,8765	394	0,8769	441
0,80	0,8734	262	0,8739	309	0,8761	357	0,8748	405	0,8753	454

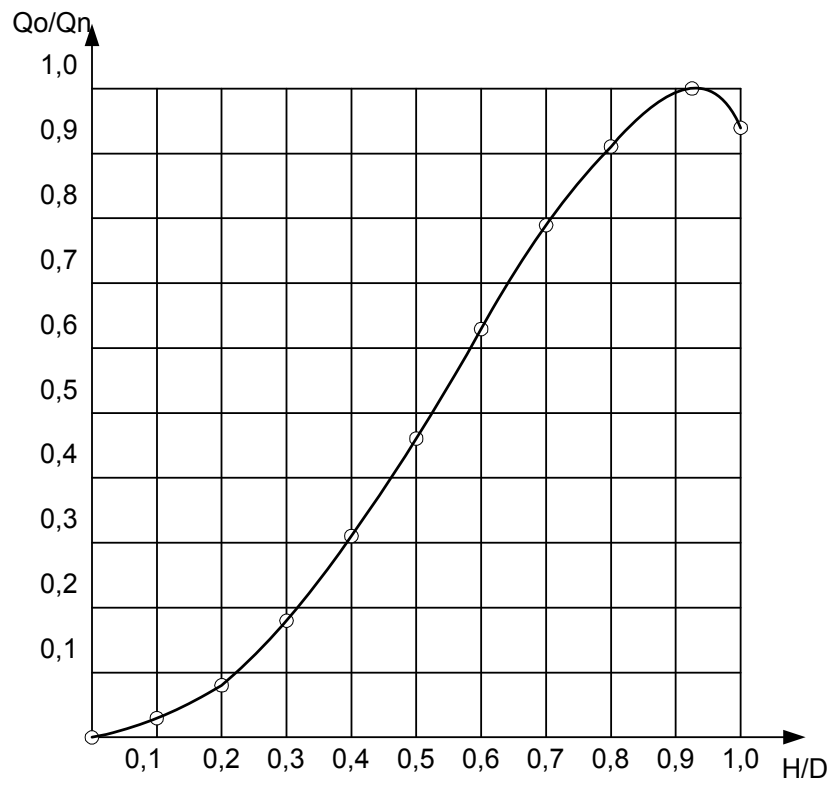
Продолжение табл.2

D, мм	1200		1400		1500		1600		2000	
	H/D	N	h	N	h	N	h	N	h	N
0,10	0,8629	110	0,8650	129	0,8660	138	0,8663	147	0,8685	185
0,15	0,8685	159	0,8702	186	0,8706	200	0,8715	213	0,8732	258
0,20	0,8720	205	0,8731	240	0,8740	258	0,8746	275	0,8763	346
0,25	0,8743	248	0,8758	290	0,8762	312	0,8767	333	0,8784	419
0,30	0,8763	288	0,8775	337	0,8780	362	0,8784	386	0,8801	487
0,35	0,8778	325	0,8777	381	0,8794	409	0,8798	437	0,8812	550
0,40	0,8788	359	0,8798	422	0,8803	453	0,8806	484	0,8820	610
0,45	0,8797	391	0,8805	459	0,8809	494	0,8810	529	0,8825	666
0,50	0,8799	421	0,8809	494	0,8812	531	0,8815	568	0,8827	717
0,55	0,8801	448	0,8809	527	0,8812	566	0,8816	606	0,8827	765
0,60	0,8799	473	0,8806	557	0,8810	598	0,8813	640	0,8824	809
0,65	0,8797	494	0,8802	584	0,8805	628	0,8808	672	0,8818	850
0,70	0,8787	517	0,8793	609	0,8799	655	0,8799	701	0,8809	887
0,75	0,8776	535	0,8782	631	0,8784	679	0,8787	727	0,8796	921
0,80	0,8759	552	0,8765	651	0,8767	701	0,8770	751	0,8779	952

Относительные значения $\bar{\omega}$ и \bar{R} для водовода круглого сечения

H/D	$\bar{\omega}$	\bar{R}
0,10	0,04088	0,0635
0,15	0,07388	0,0929
0,20	0,1118	0,1206
0,25	0,1536	0,1466
0,30	0,1982	0,1709
0,35	0,2450	0,1935
0,40	0,2934	0,2142
0,45	0,3428	0,2331
0,50	0,3927	0,2500
0,55	0,4426	0,2649
0,60	0,4920	0,2776
0,65	0,5404	0,2881
0,70	0,5872	0,2962
0,75	0,6319	0,3017
0,80	0,6736	0,3042
0,85	0,7115	0,3033
0,90	0,7445	0,2980
0,95	0,7707	0,2865
1,00	0,7854	0,2500

Зависимость расхода жидкости от ее уровня в
водоходе круглого сечения



Зависимость расхода жидкости от ее уровня в лотке U-образной формы

