

РАСХОДОМЕР-СЧЕТЧИК УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНА-М

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ



По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск +7 (8182) 45-71-35
Астрахань +7 (8512) 99-46-80
Барнаул +7 (3852) 37-96-76
Белгород +7 (4722) 20-58-80
Брянск +7 (4832) 32-17-25
Владивосток +7 (4232) 49-26-85
Волгоград +7 (8442) 45-94-42
Екатеринбург +7 (343) 302-14-75
Ижевск +7 (3412) 20-90-75
Казань +7 (843) 207-19-05
Калуга +7 (4842) 33-35-03

Кемерово +7 (3842) 21-56-70
Киров +7 (8332) 20-58-70
Краснодар +7 (861) 238-86-59
Красноярск +7 (391) 989-82-67
Курск +7 (4712) 23-80-45
Липецк +7 (4742) 20-01-75
Магнитогорск +7 (3519) 51-02-81
Москва +7 (499) 404-24-72
Мурманск +7 (8152) 65-52-70
Наб.Челны +7 (8552) 91-01-32
Ниж.Новгород +7 (831) 200-34-65

Новосибирск +7 (383) 235-95-48
Омск +7 (381) 299-16-70
Орел +7 (4862) 22-23-86
Оренбург +7 (3532) 48-64-35
Пенза +7 (8412) 23-52-98
Пермь +7 (342) 233-81-65
Ростов-на-Дону +7 (863) 309-14-65
Рязань +7 (4912) 77-61-95
Самара +7 (846) 219-28-25
Санкт-Петербург +7 (812) 660-57-09
Саратов +7 (845) 239-86-35

Сочи +7 (862) 279-22-65
Ставрополь +7 (8652) 57-76-63
Сургут +7 (3462) 77-96-35
Тверь +7 (4822) 39-50-56
Томск +7 (3822) 48-95-05
Тула +7 (4872) 44-05-30
Тюмень +7 (3452) 56-94-75
Ульяновск +7 (8422) 42-51-95
Уфа +7 (347) 258-82-65
Хабаровск +7 (421) 292-95-69
Челябинск +7 (351) 277-89-65
Ярославль +7 (4852) 67-02-35

сайт: teplocom.pro-solution.ru | эл. почта: tmo@pro-solution.ru

телефон: 8 800 511 88 70

СОДЕРАЖНИЕ

1. Общие сведения	4
1.1 Назначение	5
2. Описание и работа.....	7
2.1 Метрологические и технические характеристики	7
2.2 Состав расходомера-счетчика	10
2.3 Устройство и работа.....	12
2.3.1 Принцип работы.....	12
2.3.2 Устройство	16
2.3.3 Режимы работы	18
2.3.4 Регистрация результатов работы.....	20
2.3.5 Вывод информации	21
2.4 Конструкция расходомера-счетчика	31
2.5 Способы установки.....	32
2.6 Маркировка и пломбирование	24
3. Использование по назначению	43
3.1 Эксплуатационные ограничения.....	43
3.2 Меры безопасности	45
4. Техническое обслуживание	47
5. Упаковка, хранение и транспортирование	50
Приложение А. Вид составных частей расходомера-счетчика	52
Приложение Б. Структура условного обозначения расходомера- счетчика Волна-М.....	53

Перечень сокращений

АСУ ТП - автоматическая система управления технологическим процессом

БИ - блок искрозащитный

БК - блок коммутации

ВИП - встроенный источник питания

ВП - вторичный измерительный преобразователь

Ду - диаметр условного прохода

ЖКИ - жидкокристаллический индикатор

ИВП- источник вторичного питания

ИУ - измерительный участок

НС - нештатная ситуация

ПК - персональный компьютер

ПП - первичный преобразователь расхода

ПЭА - преобразователь электроакустический

УЗС - ультразвуковой сигнал

УК - устройство коммутационное

УС - устройство согласующее

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) является документом, содержащим сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках расходомера-счетчика и его составных частей, указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации расходомера-счетчика, удостоверяющим гарантированные изготовителем основные параметры и технические характеристики расходомеров-счетчиков ультразвуковых ВОЛНА-М (далее по тексту – расходомеры-счетчики).

Настоящее руководство по эксплуатации распространяется на расходомеры-счетчики ВОЛНА-М.

Перед началом работы необходимо внимательно ознакомиться с настоящим руководством по эксплуатации.

При использовании расходомеров-счетчиков по назначению, хранении, а также перед вводом в эксплуатацию, следует осмотреть внешний вид расходомера-счетчика, проверить комплектность поставки, а также сохранность пломб.

При эксплуатации расходомера-счетчика необходимо вносить в соответствующие разделы настоящего руководства по эксплуатации сведения о поверке, перезаписи коэффициентов настройки.

1 Общие сведения

1.1 Назначение

Расходомер-счетчик предназначен для измерения среднего объемного расхода и объема жидкостей в напорных трубопроводах, протекающих в прямом и обратном направлении, свойства и течение которых соответствует следующим условиям:

- скорость потока жидкости не более 10 м/с;
- температура жидкости от минус 20 до плюс 150 °С;
- содержание газообразных веществ не более 2 % от объема,
- содержание твёрдых частиц не более 5 % от объема.

Расходомеры-счетчики могут использоваться в составе информационно-измерительных систем и комплексов, в системах теплоучета, автоматизированных систем управления технологическими процессами в энергетике, коммунальном хозяйстве и т.д.

Расходомер-счетчик обеспечивает:

- измерение среднего объемного расхода жидкости в трубопроводе при любом направлении потока;
- определение объема жидкости нарастающим итогом отдельно для прямого и обратного направления потока и их алгебраической суммы с учетом направления потока;

- определение текущего значения скорости и направления потока жидкости;
- вывод результатов измерения в виде частотно-импульсных и/или логических сигналов;
- вывод измерительной информации на дисплей индикатора, а также вывод измерительной, диагностической, установочной, архивной и другой информации через последовательный интерфейс RS-485 (ModBus);
- архивирование в энергонезависимой памяти результатов измерений и установочных параметров;
- возможность программного ввода установочных параметров с учетом индивидуальных особенностей и характеристик объекта измерения;
- автоматический контроль и индикацию наличия нештатных ситуаций и отказов, а также запись в соответствующие архивы их вида и длительности;
- защиту архивных и установочных данных от несанкционированного доступа.

В качестве рабочей среды в расходомерах-счетчиках используется вода или иная акустически прозрачная жидкость, отвечающая приведенным выше условиям.

2 Описание и работа

2.1 Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики расходомера-счетчика приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические и технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Диаметр условного прохода (типоразмер) трубопровода, мм	от 15 до 1600
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений объемного расхода жидкости в диапазоне расходов от 1 до 100 %, %:	
для врезных ПЭА	$\pm (0,95 + 0,1/V)$
для накладных ПЭА	$\pm (2 + 0,1/V)$
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в выходной токовый сигнал при изменениях сопротивления нагрузки от 100 Ом до 2,5 кОм для сигнала (0...5) мА и от 100 Ом до 1 кОм для сигнала (4...20) мА, %	$\pm 0,1$
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности преобразования объемного расхода жидкости в частотный выходной сигнал, %	$\pm 0,05$

Наименование параметра	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени работы в различных режимах, %	$\pm 0,1$
Максимальное содержание газа в жидкости (по объему), %	2
Максимальное содержание твердых частиц в жидкости (по объему), %	5
Вязкость измеряемой среды, мПа·с, не более	от 0,2 до 2000
Напряжение питания постоянного тока, В	от 9 до 36
Потребляемая мощность, Вт, не более	15
Габаритные размеры, мм	от 192×98×67 до 200×280×72
Масса, кг	от 0,5 до 3,5
Примечание – V – скорость потока, м/с.	

Расходомер-счетчик обеспечивает измерение среднего объемного расхода и объема при скорости потока от 0,04 до 10 м/с в соответствии с формулой

$$Q = 2.83 \cdot 10^{-3} \cdot v \cdot D y^2, \quad (1)$$

где Q – средний объемный расход, м³/ч;

v – скорость потока, м/с;

Ду – диаметр условного прохода трубопровода, мм.

Чувствительность расходомера-счетчика по скорости потока
0,008 м/с.

Расходомер-счетчик обеспечивает индикацию значений измеряемых параметров с разрядностью, указанной в таблице 3 настоящего руководства.

Расходомер-счетчик обеспечивает вывод результатов измерения с помощью:

универсальных выходов;
интерфейса RS-485 (ModBus).

Расходомер-счетчик обеспечивает хранение результатов работы в архивах:

часовом – 120 записей (часов) – 5 суток;

суточном – 45 записей (суток);

месячном – 48 записей (месяцев);

журнале нештатных ситуаций – до 100 записей;

журнале пользователя – до 100 записей.

Срок сохранности архивной и установочной информации в расходомере-счетчике при отключении внешнего питания не менее 1 года.

Электропитание расходомера-счетчика должно осуществляться стабилизированным напряжением постоянного тока номинальным значением из диапазона (9...36) В с уровнем пульсаций не более

$\pm 1,0 \%$.

Источник вторичного питания от сети 220 В $\pm 10 \%$, (50 ± 1) Гц поставляется по заказу.

Время работы расходомера-счетчика от резервного источника питания при нормальных условиях эксплуатации не менее 48 часов.

Расходомер-счетчик соответствует требованиям ГОСТ Р 52931 по устойчивости:

к механическим воздействиям – группе N2;

к атмосферному давлению – группе P2;

степень защиты по ГОСТ 14254 соответствует коду IP67.

Но при этом рабочая температура внешней среды от минус 30 до плюс 70 °С, влажность воздуха не более 95 %.

Внешний вид расходомера-счетчика представлен в Приложении А.

2.2 Состав расходомера-счетчика

Типовой комплект поставки расходомера-счетчика – в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 - Состав расходомера-счетчика

Наименование и условные обозначения	Кол-во, шт.	Примечание
Расходомер-счетчик ультразвуковой ВОЛНА-М	1	
Измерительный участок	0 / 1	см. примечание 1
Пьезоэлектрические преобразователи, комплект	1	
Комплект монтажный	0 / 1	см. примечание 1
Высокочастотный кабель	по заказу	см. примечание 1
Руководство по эксплуатации	1	
Паспорт	1	
Методика поверки	1	
Примечания 1 Требуемый комплект поставки (наличие измерительного участка, монтажного комплекта и длина ВЧ кабеля) указывается в «Карте заказа». 2 Эксплуатационная документация и карты заказа на расходомер-счетчик и другую продукцию, выпускаемую НПО ВОЛНА, размещены на сайте по адресу provolna.ru. 3 По заказу возможна поставка источника вторичного питания для расходомера-счетчика.		

2.3 Устройство и работа

2.3.1 Принцип работы

По принципу работы расходомер-счетчик относится к время-импульсным ультразвуковым расходомерам, работа которых основана на измерении разности времен прохождения ультразвукового сигнала (УЗС) при распространении по и против потока жидкости в трубопроводе.

Особенностью расходомера-счетчика такого типа является попеременная подача электрических зондирующих импульсов, генерируемых ВП, на преобразователи ПЭА1 и ПЭА2 (рисунок 1).

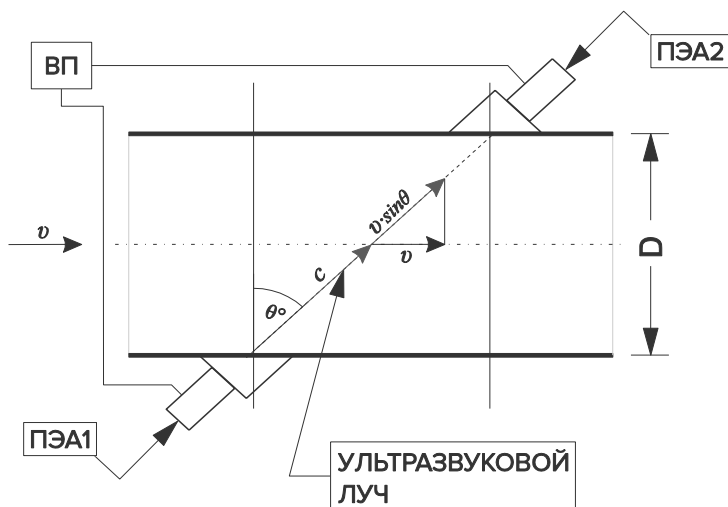


Рисунок 1 - Схема прохождения УЗС

УЗС, излучаемый одним ПЭА, проходит через движущуюся по трубопроводу жидкость и воспринимается другим ПЭА. При движении жидкости происходит снос ультразвуковой волны, который приводит к изменению времени распространения УЗС: по потоку жидкости (от ПЭА1 к ПЭА2) время прохождения уменьшается, а против потока (от ПЭА2 к ПЭА1) - возрастает. Разность времен прохождения УЗС через жидкость по и против потока пропорциональна скорости потока v и следовательно, объемному расходу Q .

Цифровой способ обработки принимаемых ПЭА сигналов обеспечивает устойчивую работу в условиях помех, а также упрощает настройку расходомера-счетчика при вводе в эксплуатацию.

ПЭА могут устанавливаться на трубопровод по следующим схемам (рисунок 2):

Z-схема – ПЭА размещаются на противоположных стенках ИУ в плоскости, проходящей вдоль оси ИУ (установка «по диаметру») либо параллельно оси ИУ (установка «по хорде» – только врезные ПЭА); при этом сигнал от одного ПЭА к другому проходит без отражения от внутренней поверхности ИУ;

V-схема – ПЭА устанавливаются вдоль одной стенки ИУ в плоскости, проходящей вдоль оси ИУ; при этом сигнал от одного ПЭА попадает к другому после отражения от внутренней

в U-образный ИУ (типа U-колена) – врезные ПЭА размещаются в ортах прямого отрезка ИУ; при этом сигнал распространяется вдоль оси потока.



14

допустимых значений продольного угла установки врезных ПЭА определяется характеристиками объекта размещения ПП.

Зондирование потока жидкости может производиться одним, двумя или четырьмя лучами (рисунок 3).

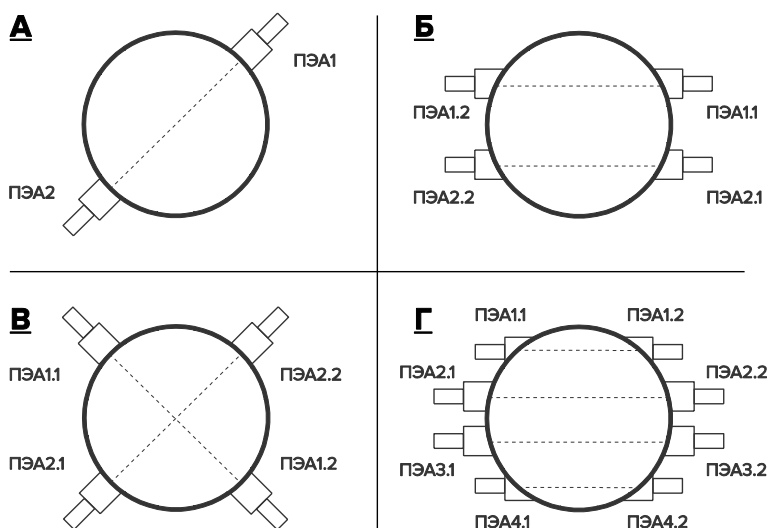


Рисунок 3 - Расположение пар ПЭА по сечению трубопровода при различных способах зондирования потока жидкости

А - однолучевое зондирование по диаметру, Б - двухлучевое зондирование по хорде (для врезных ПЭА), В - двухлучевое зондирование по диаметру, Г - четырехлучевое зондирование по хорде (для врезных ПЭА).

2.3.2 Устройство

Структурная схема расходомера-счетчика приведена на рисунке 4.

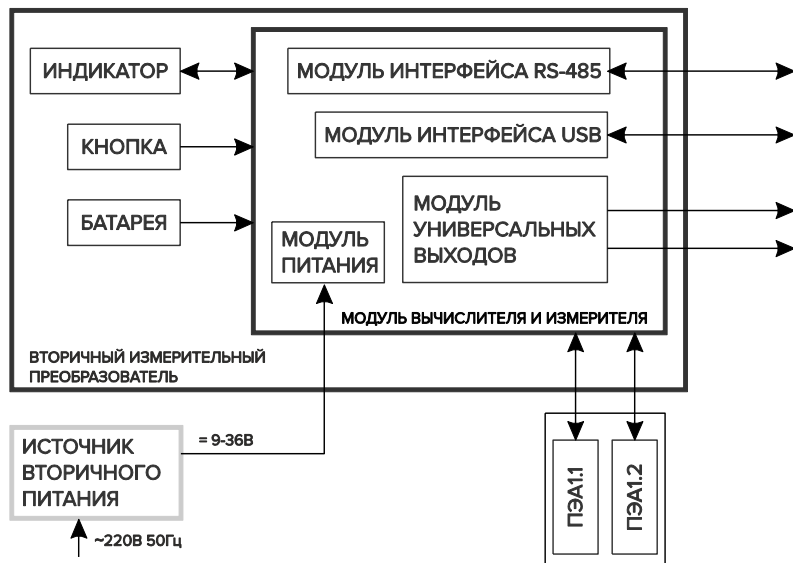


Рисунок 4 - Структурная схема расходомера-счетчика

Расходомер-счетчик состоит из одного или нескольких первичных преобразователей расхода и вторичного измерительного преобразователя.

Первичный преобразователь расхода представляет собой специально изготовленный измерительный участок (отрезок трубы с приспособлениями для установки ПЭА и монтажа в трубопровод) с

установленными на нем одной, двумя или четырьмя парами ПЭА из комплекта расходомера.

Возможно использовать в качестве ИУ действующий трубопровод надлежащего качества и состояния после подготовки его к монтажу ПЭА.

Количество первичных преобразователей, входящих в состав расходомера, и количество пар ПЭА, устанавливаемых на ИУ, определяется видом исполнения расходомера.

Вторичный измерительный преобразователь содержит измеритель, управляющий электроакустическим зондированием и обрабатывающий измерительные сигналы, и вычислитель, выполняющий вторичную обработку измерительной информации и хранение результатов измерений.

Для обеспечения внешних связей расходомера-счетчика на плате вычислителя установлен электронный комбинированный модуль универсального выхода и последовательный интерфейс RS-485.

Кроме того, по заказу на плату вычислителя дополнительно можно установить до двух электронных сервисных модулей внешних связей:

- модуль универсальных выходов;

- модуль токового выхода;

- модуль интерфейса Ethernet;

- модуль интерфейса GSM.

В расходомере-счетчике два модуля универсальных выходов устанавливается по умолчанию.

При необходимости обеспечить более одного токового выхода используется внешний адаптер токового выхода, преобразующий частотный сигнал (сигналы) сервисного модуля универсальных выходов в токовый сигнал (сигналы).

Управление работой расходомера-счетчика и индикация измерительной, установочной, диагностической, архивной информации обеспечивается с помощью клавиатуры и графического жидкокристаллического индикатора (ЖКИ). Период обновления текущей информации на экране ЖКИ составляет 1 секунду.

Настройка расходомера-счетчика осуществляется по интерфейсу USB.

2.3.3 Режимы работы

Расходомер-счетчик имеет два режима работы:

НАСТРОЙКА – режим настройки и поверки;

РАБОТА – эксплуатационный режим.

Режимы отличаются уровнем доступа к информации (индицируемой на дисплее и/или передаваемой по интерфейсам USB, RS-485) и возможностями по изменению установочных параметров расходомера.

Наибольшими возможностями обладает режим НАСТРОЙКА. В этом режиме индицируются все параметры и возможна модификация всех установочных параметров. Наименьшими возможностями обладает режим РАБОТА.

Режим работы задается комбинацией наличия / отсутствия замыкания с помощью DIP - переключателя SW.1, расположенного на плате вычислителя.

РЕЖИМ РАБОТА - это режим эксплуатации расходомера-счетчика на объекте. В режиме РАБОТА пользователь имеет возможность просматривать:

По индикатору: текущие дату и время, значения измеряемых параметров (объемного расхода, объемов, накопленных при прямом и обратном направлении потока, а также их алгебраической суммы), время наработки, номер версии программного обеспечения, контрольную сумму, строку состояния, адрес в сети ModBus.

По интерфейсу RS-485: значения измеряемых параметров (объемного расхода, объемов, накопленных при прямом и обратном направлении потока, а также их алгебраической суммы, скорости движения жидкости), конфигурационные параметры.

По интерфейсу USB: содержимое архивов и журнала режимов.

РЕЖИМ НАСТРОЙКА – это режим подготовки расходомера-счетчика к эксплуатации на объекте. В режиме НАСТРОЙКА дополнительно (по отношению к режиму РАБОТА) по интерфейсу

USB возможно изменять: конфигурацию измерительного участка (база, осевая база, диаметр условного прохода), режим работы по интерфейсу RS-485 (сетевой адрес, скорость обмена), режимы работы и параметры универсальных выходов, показания часов, очищать архивы.

2.3.4 Регистрация результатов работы

Результаты измерений и вычислений записываются во внутренние архивы: часовой, суточный, месячный. Доступ к архивам осуществляется по интерфейсу USB.

Часовой, суточный и месячный архивы являются циклическими и имеют одинаковую структуру.

Глубина архивов составляет: часового – 120 записей (предыдущих часов), суточного – 45 записей (предыдущих суток), месячного – 48 записей (предыдущих месяцев).

В каждой записи фиксируются значения следующих параметров: V+ – суммарный объем при прямом направлении потока за интервал архивирования, V- – суммарный объем при обратном направлении потока за интервал архивирования, дата и время записи.

Изменение режима работы расходомера-счетчика фиксируется в журнале работы, который может содержать до 100 записей.

В каждой записи журнала режимов фиксируется: порядковый номер записи, наименование установленного режима работы расходомера-счетчика, дата и время установки режима.

2.3.5 Вывод информации

ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР

Перечень параметров, которые выводятся на индикатор расходомера-счетчика, приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Индицируемые параметры

Наименование параметра	Обозначение	Формат
Время	TIME	ЧЧ:ММ
Дата	DATE	ДД:ММ:ГГГГ
Текущее значение объемного расхода с указанием направления потока	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	000.0000
Суммарный объем	$V, \text{ м}^3$	0000000.000
Объем прямого потока	$V+, \text{ м}^3$	0000000.000
Объем обратного потока	$V-, \text{ м}^3$	0000000.000
Общее время работы	Тр, ч	ЧЧ
Время безотказной работы	Те, ч	ЧЧ

Наименование параметра	Обозначение	Формат
Адрес в сети ModBus	Addr_485	1-247
Состояние расходомера-счетчика	STATE	текст
Номер версии ПО	Fv	xx.xx.xxx
Контрольная сумма	CRC32	0x00000000F
Примечания 1 Значение расхода при обратном направлении потока, а также отрицательные значения суммарного объема и объема обратного потока индицируются со знаком минус. 2 Суммарный объем определяется как сумма объемов, накопленных при прямом (положительном) и обратном (отрицательном) направлениях потока, с учетом знака направления потока. 3 Переполнение счетчиков наступает, если $V > 2 \cdot 10^9$. После переполнения счетчика индикация продолжается с нулевого значения.		

В режиме НАСТРОЙКА индикатор включен постоянно.

В режиме РАБОТА индикация включается по нажатию кнопки и выключается после последнего нажатия на нее, через 15 секунд. Переключение индикации параметров, приведенных в таблице 3, производится по кольцу с помощью последующих нажатий на кнопку.

ИНТЕРФЕЙС RS-485

Последовательный интерфейс RS-485 позволяет считывать измерительную, установочную и диагностическую информацию. Интерфейс RS-485 поддерживает протокол ModBus (RTU ModBus), принятый в качестве стандартного в расходомерах-счетчиках НПО Волна.

Интерфейс RS-485 обеспечивает связь по кабелю в группе из нескольких абонентов, одним из которых может быть персональный компьютер (ПК), при длине линии связи до 1200 м.

Скорость обмена по интерфейсу RS-485 и прочие параметры связи устанавливаются программно.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВЫХОД

Расходомер-счетчик имеет два гальванически развязанных универсальный выхода.

Универсальные выходы могут работать в частотном, импульсном и логическом режимах.

Назначения универсального выхода, режимы работы, параметры выходных сигналов, а также отключение выхода задаются программными установками.

ИНТЕРФЕЙС USB

Интерфейс USB позволяет считывать измерительную, архивную, установочную и диагностическую информацию, модифицировать установочные параметры.

2.4 Конструкция расходомера-счетчика

Расходомер-счетчик состоит из первичного преобразователя расхода и вторичного измерительного преобразователя.

Измерительный участок (ИУ) первичного преобразователя изготовлен из металла. На торцах ИУ имеются фланцы для стыковки с ответными фланцами трубопровода.

Вторичный преобразователь содержит электронную плату. Плата размещается в передней панели корпуса.

Используемые в расходомере-счетчике врезные ПЭА имеют цилиндрическую форму, в торце ПЭА находится излучающая плоскость в виде диска. Преобразователи устанавливаются в измерительный участок таким образом, что излучающая плоскость ПЭА контактирует с контролируемой жидкостью. Поставляемые в составе ПП ПЭА рассчитаны на давление до 2,5 МПа.

ПЭА и вторичный преобразователь соединяются между собой кабелями связи.

Ввод сигнальных кабелей, а также кабеля питания осуществляется через три кабельных гермоввода.

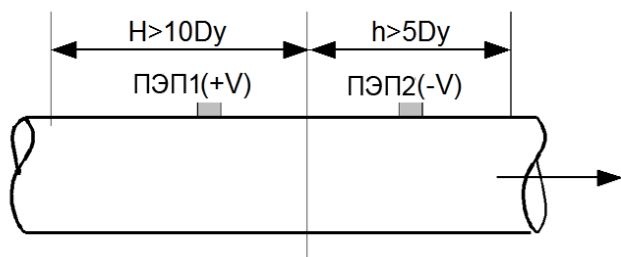
2.5 Способы установки

Монтаж накладных ПЭП

Выбрать место установки ПЭП.

Выбрать вариант установки датчиков: Z (двухсторонний) или V (односторонний) - рисунок 5.

Вариант V (односторонняя установка ПЭП1 и ПЭП2)



Вариант Z (двусторонняя установка ПЭП1 и ПЭП2)

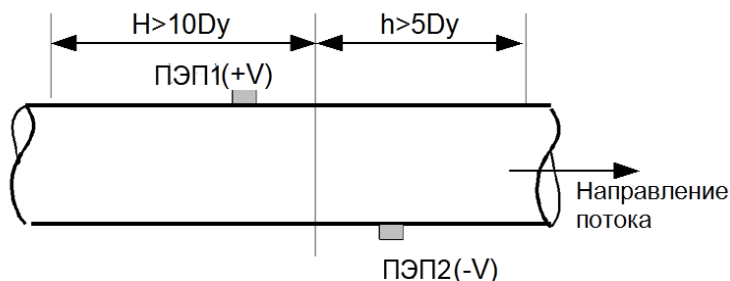


Рисунок 5 – Варианты установки датчиков: Z - двухсторонний,
V - односторонний

При выборе варианта установки датчиков следует учитывать, что при односторонней установке датчиков эффективность прохождения ультразвукового сигнала через трубопровод ниже примерно в 2 – 3 раза, чем при двухсторонней установке. Рекомендуется применять V - установку датчиков на трубопроводах диаметром от 40 до 250 мм.

Установить два установочных профиля в горизонтальной плоскости вдоль противоположных образующих измерительного участка трубопровода на наружной поверхности. Для этого с помощью рулетки измерить длину внешней окружности трубопровода. На трубопроводе нанести две риски, расстояние между которыми должно быть равно половине длины внешней окружности трубопровода с точностью 1 мм. Через эти риски провести две прямые линии разметки, которые должны быть параллельны оси трубопровода и находиться с ней в одной плоскости. Затем в местах предполагаемой установки профилей поверхность трубопровода тщательно зачистить напильником или шкуркой от грязи, ржавчины, краски(до появления металлического блеска). Зачистка трубопровода производится по всей длине установочных профилей и на 20 мм вверх и вниз от линий разметки. Зачищенную поверхность протереть влажной тряпкой (для удаления остатков пыли и т.д.) Затем установочные профили установить на противоположных сторонах трубопровода, при этом риски в торцах профилей должны совпадать с линиями разметки с точностью 1 мм, что гарантирует установку ПЭП параллельно оси трубопровода.

Для фиксации профиля на трубопроводе завинтить магнитный стакан до соприкосновения его доньшка с поверхностью

трубопровода, при этом направляющие профили должны плотно прилегать к трубопроводу (рисунок 6).

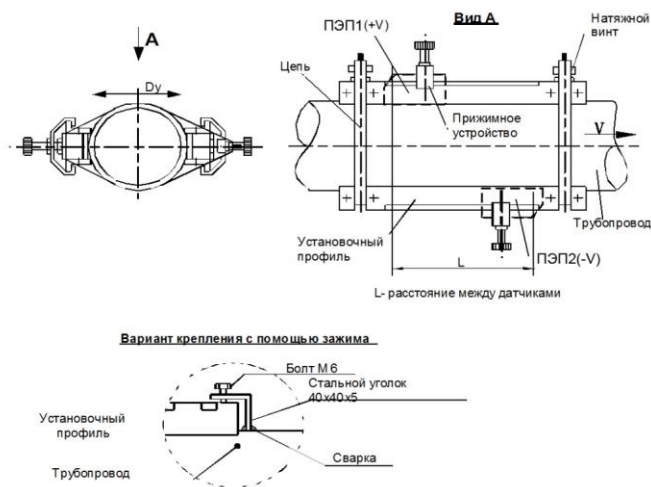


Рисунок 6 – Схема фиксации профиля на трубопроводе

Описание установки ПЭП приводится для горизонтально ориентированного трубопровода. Если трубопровод сделан из немагнитного материала, то на установочный профиль по краям следует накинуть коромысла с цепочками и, вывинчивая магнитный стакан, натянуть их, прижимая при этом установочные профили к трубопроводу (из второго установочного профиля магнитный стакан удалить).

Установка ПЭП по варианту “V”

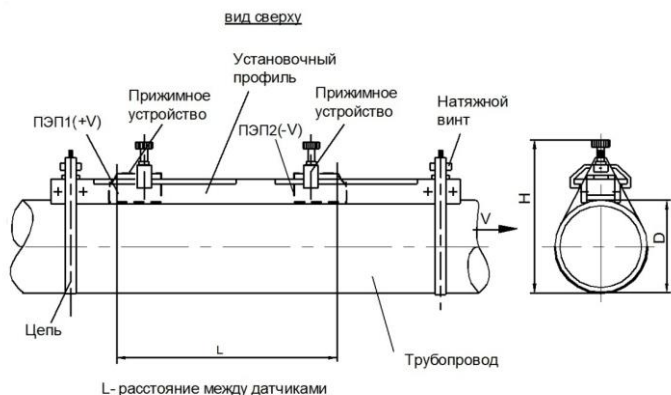


Рисунок 7 - Установка ПЭП по варианту “V”

Установить один установочный профиль в горизонтальной плоскости вдоль образующей измерительного участка трубопровода на наружной поверхности. В местах предполагаемой установки профиля, поверхность трубопровода тщательно зачистить напильником или шкуркой от грязи, ржавчины, краски (до появления металлического блеска). Зачистка трубопровода производится по всей длине установочного профиля. Зачищенную поверхность протереть влажной тряпкой (для удаления остатков пыли и т.д.). Установить профиль на зачищенную поверхность трубопровода. Установочный профиль зафиксировать с помощью магнитных стаканов или цепочек.

Монтаж врезных ПЭП (при поставке без УПР)

Места врезки ПЭП не должны совпадать со сварными швами и должны быть удалены на достаточное расстояние от стен и прочих препятствий, способных помешать дальнейшим работам.

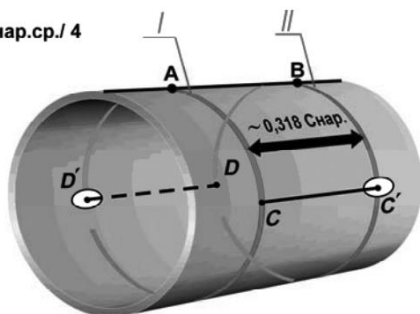
Обеспечить в выбранном участке трубопровода отсутствие жидкости и остаточного давления. Очистить поверхность на предполагаемом для врезки участке от грязи, изоляции, покрытия и т.п. до металла.

Разметка однолучевого УПР на трубопроводе (рисунок 8 а):

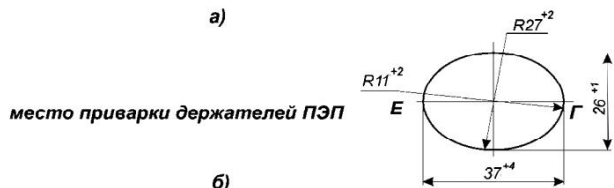
1) Измерить не менее 5 раз рулеткой длину окружности трубопровода на выбранном участке под УПР. Найти среднее значение длины окружности $C_{нар}$.

2) Отметить точку А и провести через нее с помощью жесткого профиля, имеющего два плоскопараллельных ребра, линию параллельную оси трубопровода. На осевой линии отметить точку В отстоящей от точки А на расстоянии $0,318 \cdot C_{нар}$.

$$\begin{aligned} AC &= BD = AD' = BC' = \text{Снар.ср.} / 4 \\ CC' &= DD' = AB \\ CD &= CD' \\ CD &= CD' = \text{Снар.ср.} / 2 \end{aligned}$$

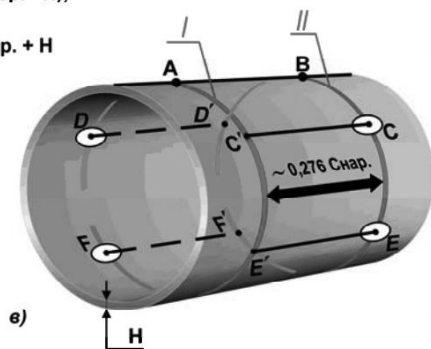


а)



б)

$$\begin{aligned} AD &= BC = (0,333 \times \text{Снар.ср.} + H) / 2; \\ CE &= DF = (0,167 \times \text{Снар.ср.} - H); \\ CD &= CD'; FE = FE'; \\ CD &= DC' = 0,333 \times \text{Снар.ср.} + H \end{aligned}$$



в)

Рисунок 8 - Разметка УПР на трубопроводе: а) Разметка однолучевого УПР на трубопроводе, б) Место приварки держателей ПЭП, в) Разметка двухлучевого УПР на трубопроводе

3) Провести через точки А и В с помощью гибкой металлической ленты (линейки, рулетки и т.д.) линии I и II, перпендикулярные линии АВ.

4) Измерить в сечениях I и II не менее 3 раз рулеткой длины окружностей и найти их средние значения $C_{\text{нар.ср.}}^I$ и $C_{\text{нар.ср.}}^II$.

5) Проверить выполнение условия

$$0,99 \leq (C_{\text{нар.ср.}}^I / C_{\text{нар.ср.}}^II) \leq 1,01 \quad (2)$$

где $C_{\text{нар.ср.}}^I$ – среднее значение длины окружности в сечении I, мм;

$C_{\text{нар.ср.}}^II$ - среднее значение длины окружности в сечении II, мм.

Если условие не выполняется, выбрать другой подходящий участок трубопровода.

6) Вычислить среднеарифметическое значение длины окружности:

$$C_{\text{нар.ср.}} = (C_{\text{нар.ср.}}^I + C_{\text{нар.ср.}}^II) / 2 \quad (3)$$

где $C_{\text{нар.ср.}}^I$ – среднее значение длины окружности в сечении I, мм;

$C_{\text{нар.ср.}}^II$ - среднее значение длины окружности в сечении II, мм.

7) Разметить точки С, С', D, D' на расстоянии $C_{\text{нар.ср.}} / 4$ от точек А и В.

8) Измерить с помощью штангенциркуля или рулетки расстояния CC' , DD' , CD , $C'D'$ и проверить выполнение условий с точностью ± 2 мм:

$$\begin{aligned}
|CC'| &= |DD'| = AB \\
|CD| &= |C'D'| \\
|C'D| &= |CD'| = C_{\text{нар.ср}} / 2
\end{aligned}
\tag{4}$$

где $C_{\text{нар.ср}}$ – среднеарифметическое значение длины окружности, мм;

CC' – расстояние от точки C до точки C' , мм;

DD' – расстояние от точки D до точки D' , мм;

CD – расстояние от точки C до точки D , мм;

$C'D'$ – расстояние от точки C' до точки D' , мм;

AB – расстояние от точки A до точки B , мм.

Если хотя бы одно из условий не выполняется, то следует произвести разметку заново.

Разметка двухлучевого УПР на трубопроводе (рисунок 8 в):

1) Измерить не менее 5 раз рулеткой длину окружности трубопровода на выбранном участке под УПР. Найти среднее значение длины окружности $C_{\text{нар.}}$.

2) Отметить точку A и провести через нее с помощью жесткого профиля, имеющего два плоскопараллельных ребра, линию параллельную оси трубопровода. На осевой линии отметить точку B отстоящей от точки A на расстоянии $0,276 \cdot C_{\text{нар.}}$.

Провести через точки А и В с помощью гибкой металлической ленты (линейки, рулетки и т.д.) линии I и II, перпендикулярные линии АВ.

3) Измерить в сечениях I и II не менее 3 раз рулеткой длины окружностей и найти их средние значения $C_{\text{нар.ср.}}^I$ и $C_{\text{нар.ср.}}^II$.

4) Проверить выполнение условия

$$0,99 \leq (C_{\text{нар.ср.}}^I / C_{\text{нар.ср.}}^II) \leq 1,01 \quad (5)$$

где $C_{\text{нар.ср.}}^I$ – среднее значение длины окружности в сечении I, мм;

$C_{\text{нар.ср.}}^II$ - среднее значение длины окружности в сечении II, мм.

Если условие не выполняется, выбрать другой подходящий участок трубопровода.

5) Вычислить среднеарифметическое значение длины окружности

$$C_{\text{нар.ср.}} = (C_{\text{нар.ср.}}^I + C_{\text{нар.ср.}}^II) / 2 \quad (6)$$

где $C_{\text{нар.ср.}}^I$ – среднее значение длины окружности в сечении I, мм;

$C_{\text{нар.ср.}}^II$ - среднее значение длины окружности в сечении II, мм.

6) Измерить толщиномером толщину стенки трубопровода в 3-х равномерно удаленных друг от друга точках в каждом из сечений I и II. Вычислить среднеарифметическое значение толщины стенки Н.

7) Отметить от точек А и В точки D и С соответственно, на расстоянии

$$AD = BC = (0,333 C_{\text{нар.ср.}} + H) / 2 \quad (7)$$

где $C_{\text{нар.ср.}}$ - среднеарифметическое значение длины окружности, мм;

Н - среднеарифметическое значение толщины стенки, мм.

8) Из точек D и C провести с помощью жесткого профиля линии параллельные оси трубопровода до пересечения с линиями сечений I и II. Точки пересечения отметить как D^I и C^I соответственно.

9) Проверить выполнение условий с точностью ± 1 мм

$$CD^I = C^I D = 0,333 C_{\text{нар.ср.}} + H \quad (8)$$

$$CD = C^I D^I$$

где $C_{\text{нар.ср.}}$ - среднеарифметическое значение длины окружности, мм;

H - среднеарифметическое значение толщины стенки, мм.

Если хотя бы одно из условий не выполняется следует повторить разметку.

10) Для разметки второго луча соответственно от точек D и C отметить точки F и E на расстоянии

$$CE = DF = 0,167 C_{\text{нар.ср.}} - H \quad (9)$$

где $C_{\text{нар.ср.}}$ - среднеарифметическое значение длины окружности, мм;

H - среднеарифметическое значение толщины стенки, мм.

11) Из точек F и E провести с помощью жесткого профиля линии параллельные оси трубопровода до пересечения с линиями сечений I и II. Точки пересечения отметить как F^I и E^I соответственно.

12) Проверить выполнение условий с точностью ± 1 мм

$$FE^I = F^I E = 0,333 C_{\text{нар.ср.}} + H \quad (10)$$

$$FE = F^I E^I$$

где $C_{\text{нар.ср.}}$ - среднеарифметическое значение длины окружности, мм;

H - среднеарифметическое значение толщины стенки, мм.

Если хотя бы одно из условий не выполняется - разметку повторить.

Приварка держателей ПЭП

1) Произвести разметку овалов, в соответствии с рис. 8 б, совместив при этом центр О и ось ЕГ лекала с отмеченной точкой и линией разметки. Допускается производить разметку мест приварки держателей при помощи трафарета, с размеченными заранее точками в зависимости от диаметра трубопровода.

2) Вырезать отверстия в трубопроводе в местах разметки овалов.

3) Обработать их - зачистить кромки, удалить окалину, снять заусенцы.

4) Приварку держателей ПЭП на трубопровод производить в соответствии с рисунком 6 при помощи приспособления для сварки (штанга определенной длины с гайками и шайбами), которое обеспечивает требуемое взаимное расположение держателей относительно друг друга.

5) Штангу изготовить из углеродистой стали. Штанга должна быть ровной и отшлифованной. Производить работы с изогнутой штангой не допускается. Длину штанги определить в зависимости от диаметра трубопровода и угла врезки датчиков. Конкретная ее длина выбирается из таблицы 4.

Таблица 4

Условный диаметр трубопровода, мм	Длина направляющей штанги, мм
250	750
300	820
400	960
500	1100
600	1240
700	1430
800	1550
1000	1780
1600	1800
2600	3000

6) Доработать опорную поверхность держателей ПЭП в соответствии с образующей поверхностью трубопровода, на котором будет произведен монтаж.

7) Для более точной приварки держателей на их наружную цилиндрическую поверхность нанести осевые риски, соответствующие точкам пересечения большой и малой осей эллипса.

8) Установить держатели на штангу, совместив нанесенные риски на держателе с линиями разметки трубопровода) и закрепить их гайками.

Схема приварки держателей ПЭП к трубопроводу

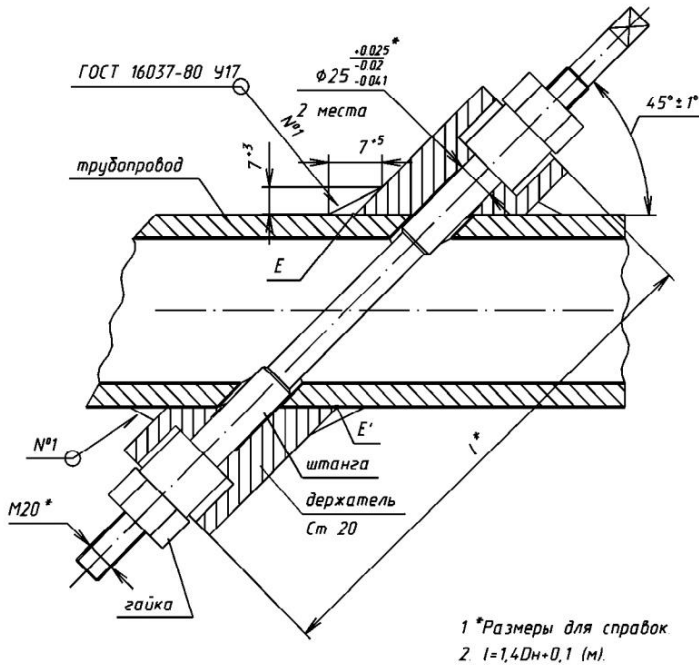


Рисунок 9 – Схема приварки держателей ПЭП к трубопроводу

9) Прихватить сваркой держатель в точке E. Провернуть штангу вокруг своей оси, откорректировать угол наклона штанги. Прихватить сваркой другой держатель в точке E'. Далее процесс поочередной прихватки каждого держателя произвести в четырех диаметрально противоположных точках (крестообразно). После прихватки в каждой точке делать паузу для остывания металла в местах сварки. Повторить

11) Доработать с помощью развертки отверстие диаметром $25^{+0,025}$ мм в каждом из держателей до диаметра $25^{+0,13}$ мм.



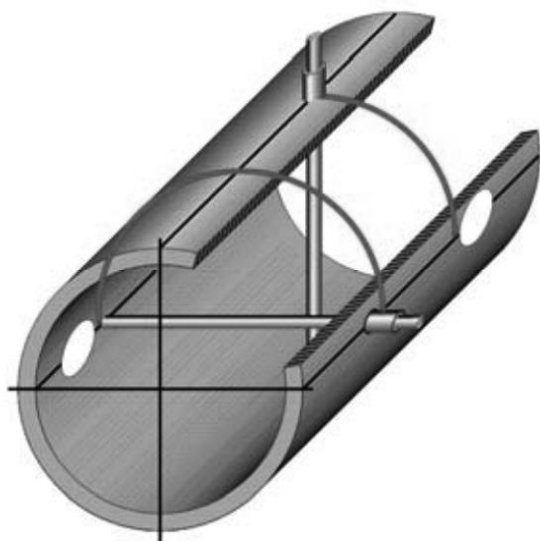


Рисунок 10 б) – Схема приваривания гильз в зоне установки ПЭВ

12) Измерить суммарную толщину стенки трубопровода, отложений H_n и рассчитать внутренний диаметр трубопровода $D_{\text{внутр}}$. Для этого рекомендуется сварить гильзы в зоне установки ПЭП по двум взаимно перпендикулярным направлениям в соответствии с рисунком 10 а и 10 б. После измерений гильзы закрыть заглушками на резьбе.

13) Для контроля правильности выполнения работ измерить:

- смещение оси акустического канала относительно центральной оси трубопровода χ ;
- угол наклона оси акустического канала;

- базовое расстояние между ПЭП L_D .

Монтаж готового УПР

1) Выбрать участок трубопровода на котором будут осуществляться измерения и установка УПР. Обеспечить в выбранном участке трубопровода отсутствие жидкости и остаточного давления.

2) Разметить и вырезать на трубопроводе участок в месте установки УПР.

3) Оценить по вырезанному участку трубопровода состояние его внутренней поверхности (отложения, степень коррозии). Измерить внутренний диаметр $D_{\text{внутр}}$ с учетом отложений.

Проверить выполнение условия

$$|D_{\text{внутр}} - D'_{\text{внутр}}| \leq 0,05D'_{\text{внутр}} \quad (11)$$

где $D'_{\text{внутр}}$ - внутренний диаметр УПР, мм;

$D_{\text{внутр}}$ - внутренний диаметр трубопровода, мм.

4) Если условие не выполняется, то следует очистить трубопровод от наслоений или вварить отрезки новой трубы на длину не менее $10 \cdot D_u$ по потоку до места установки УПР и $5 \cdot D_u$ после.

5) Расточить посадочные отверстия ответных фланцев по измеренному размеру с учетом зазора для сварки. Одеть их на концы трубопровода, не приваривая.

6) Установить УПР в трубопровод и стянуть болтами с ответными фланцами (предварительно установив между фланцами прокладки из комплекта поставки). Сделать отметки мелом на трубопроводе для приварки фланцев к трубопроводу.

7) Снять УПР.

8) Приварить ответные фланцы к трубопроводу по отметкам.

9) Установить УПР в трубопровод, проложив прокладки между фланцами, и равномерно стянуть их болтами из комплекта поставки. Уплотнительные прокладки не должны выступать во внутреннюю полость трубопровода.

2.6 Маркировка и пломбирование

Маркировка на лицевой панели ВП содержит обозначение и наименование расходомера-счетчика, товарный знак изготовителя, знак утверждения типа средства измерения. Заводской номер указан на шильдике, закрепленном на корпусе ВП.

Заводские номера ПЭА и измерительного участка указываются на корпусах элементов.

После поверки пломбируется винт крепления платы ВП (электронного блока).

Для защиты от несанкционированного доступа при эксплуатации может быть опломбирован корпус ВП.

3 Использование по назначению

3.1 Эксплуатационные ограничения

Эксплуатация расходомера-счетчика должна производиться в условиях воздействующих факторов и параметров контролируемой среды, не превышающих допустимых значений, оговоренных в эксплуатационной документации.

Расходомер-счетчик может устанавливаться в вертикальный, горизонтальный или наклонный трубопровод.

Точная и надежная работа расходомера-счетчика обеспечивается при выполнении в месте установки ПП следующих условий:

- давление жидкости в трубопроводе и режимы его эксплуатации исключают газообразование и/или скопление газа (воздуха);
- внутренний объем ИУ в процессе работы должен быть весь заполнен жидкостью;
- наличия в трубопроводе до и после расходомера-счетчика прямолинейных участков соответствующей длины с D_u , равным D_u измерительного участка. Прямолинейные участки не должны содержать устройств или элементов конструкции, вызывающих изменение структуры потока жидкости.

Тип и состав контролируемой жидкости (наличие и концентрация взвесей, посторонних жидкостей и т.п.), режим работы и состояние

трубопровода не должны приводить к появлению коррозии и/или отложений, влияющих на работоспособность и метрологические характеристики расходомера-счетчика.

Молниезащита объекта размещения расходомера-счетчика, выполненная в соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО153-34.21.122-2003, предохраняет расходомер-счетчик от выхода из строя при наличии молниевых разрядов.

Требования к условиям эксплуатации и выбору места монтажа, приведенные в настоящей документации, учитывают наиболее типичные факторы, влияющие на работу расходомера-счетчика.

На объекте эксплуатации могут существовать или возникнуть в процессе его эксплуатации факторы, не поддающиеся предварительному прогнозу, оценке или проверке и которые производитель не мог учесть при разработке.

В случае проявления подобных факторов следует устранить их или найти иное место эксплуатации, где данные факторы отсутствуют или не оказывают влияния на работу расходомера-счетчика.

3.2 Меры безопасности

К работе с расходомером-счетчиком допускается обслуживающий персонал, изучивший документацию на расходомер-счетчик.

При работе с расходомером-счетчиком должны соблюдаться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок».

При проведении работ с расходомером-счетчиком опасными факторами являются:

- напряжение переменного тока с действующим значением до 264 В, частотой 50 Гц;
- температура жидкости до 150 °С;
- давление в трубопроводе до 6,3 МПа;
- другие опасные факторы, связанные с профилем и спецификой объекта, где эксплуатируется расходомер-счетчик.

При обнаружении внешних повреждений расходомера-счетчика или кабелей связи следует отключить расходомер-счетчик до выяснения специалистом возможности дальнейшей эксплуатации.

В процессе работ по монтажу, пусконаладке или ремонту расходомера-счетчика запрещается:

- производить подключения к расходомеру-счетчику, переключения режимов работы или замену электрорадиоэлементов при включенном питании;

- производить демонтаж элементов расходомера на трубопроводе до полного снятия давления на участке трубопровода, где производятся работы;
- использовать неисправные электрорадиоприборы, электроинструменты либо работать с ними без подключения их корпусов к магистрали защитного заземления.

4 Техническое обслуживание

Введенный в эксплуатацию расходомер-счетчик рекомендуется подвергать периодическому осмотру с целью контроля:

работоспособности расходомера;

соблюдения условий эксплуатации расходомера;

наличия напряжения питания в заданных пределах;

отсутствия внешних повреждений составных частей расходомера;

надежности электрических и механических соединений.

Периодичность осмотра зависит от условий эксплуатации, но не должна быть реже одного раза в две недели.

Рекомендуется периодически (с периодом в зависимости от условий эксплуатации) производить осмотр и очистку от возможных отложений, осадков, накипи внутренней поверхности ПП, а также излучающих поверхностей врезных ПЭА.

Несоблюдение условий эксплуатации расходомера-счетчика может привести к отказу расходомера-счетчика или превышению допустимого уровня погрешности измерений.

Внешние повреждения также могут привести к превышению допустимого уровня погрешности измерений. При появлении внешних повреждений расходомера-счетчика или кабеля питания, связи необходимо обратиться в сервисный центр или региональное представительство для определения возможности его дальнейшей

эксплуатации. Наличие напряжения питания расходомера-счетчика определяется по наличию индикации, а работоспособность расходомера-счетчика – по содержанию индикации на дисплее расходомера-счетчика.

В расходомере-счетчике также осуществляется индикация наличия нештатных ситуаций. Под нештатной ситуацией понимается событие, при котором обнаруживается несоответствие измеряемых параметров метрологическим возможностям расходомера-счетчика или при котором измерения становятся невозможными вследствие нарушения условий измерения.

Расходомер-счетчик по виду исполнения и с учетом условий эксплуатации относится к изделиям, ремонт которых производится на специальных предприятиях либо на предприятии-изготовителе.

На месте эксплуатации выявляется неисправность с точностью до блока: ВП, ИВП, УС, ПЭА или кабеля связи; неисправный элемент заменяется на исправный. При отказе одного ПЭА заменяются оба ПЭА пары.

Отправка расходомера-счетчика для проведения поверки либо ремонта должна производиться с паспортом расходомера-счетчика.

В сопроводительных документах необходимо указывать почтовые реквизиты, телефон и факс отправителя, а также способ и адрес обратной доставки.

При отправке в поверку или в ремонт расходомера-счетчика в комплекте с ИУ измерительные участки и излучающие поверхности врезных ПЭА должны быть очищены от отложений, осадков, накипи и т.п.

5 Упаковка, хранение и транспортирование

Расходомер-счетчик упаковывается в индивидуальную тару категории КУ-2 по ГОСТ 23170 (ящик из гофрированного картона либо деревянный ящик).

Измерительные участки и/или присоединительная арматура поставляется в отдельной таре россыпью или в сборе.

Хранение расходомера-счетчика должно осуществляться в упаковке изготовителя в сухом отапливаемом помещении в соответствии с требованиями группы 1 по ГОСТ 15150. В помещении для хранения не должно быть токопроводящей пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию и разрушающих изоляцию.

Расходомер-счетчик не требует специального технического обслуживания при хранении.

Расходомеры-счетчики могут транспортироваться автомобильным, речным, железнодорожным и авиационным транспортом (кроме негерметизированных отсеков) при соблюдении следующих условий:

- транспортировка осуществляется в заводской таре;
- отсутствует прямое воздействие влаги;
- температура не выходит за пределы от минус 40 до 50 °С;
- влажность не превышает 95 % при температуре до 35 °С;
- вибрация в диапазоне от 10 до 500 Гц с амплитудой до

0,35 мм или ускорением до 49 м/с^2 ;

- удары со значением пикового ускорения до 98 м/с^2 ;
- уложенные в транспорте расходомеры-счетчики закреплены во избежание падения и соударений.

Приложение А

Вид составных частей расходомера-счетчика

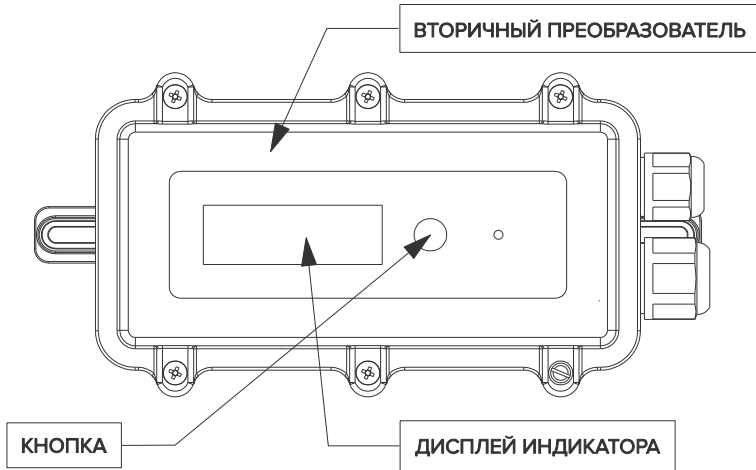


Рисунок А.1 - Расходомер-счетчик



а)

б)

Рисунок А.2– Расходомеры-счетчики: а) исполнение с врезными ПЭА, б) исполнение с накладными ПЭА

Приложение Б

Структура условного обозначения расходомера-счетчика Волна-М

Волна-М	Расходомер-счетчик для жидких сред									
	Количество каналов измерения									
	Количество лучей на канал измерения									
	Номинальный диаметр трубопровода									
	0 - поставка без УПР - комплект под врезку									
	Ду25...1600 - с УПР									
	Ф - фланцевое исполнение УПР									
	С - исполнение под сварку									
	Б - исполнение типа "сэндвич"									
	Н - накладные ПЭП									
	Питание ВП									
	1 - 9...24 В постоянного тока									
	2 - 10...42 В переменного/постоянного тока									
	3 - 85...240 В переменного тока									
	Технологические выходы									
	Аналоговые									
	Т1 - 1 токовый выход 4...20 мА									
	Т2 - 2 токовых выхода 4...20 мА									
	Дискретные									
	У1 - 2 универсальных выхода									
	(импульсный/частотный 0...20000 Гц / логический)									
	У2 - 6 универсальных выходов									
	(импульсный/частотный 0...20000 Гц/логический)									
	Реле									
	Р1 - 1 реле SPDT 250 В / 8 А									
	Р2 - 2 реле SPDT 250 В / 8 А									
	Технологические входы									
	0 - без технологических входов									
	П - 2 датчика температуры Pt100/500/1000									
	В - 2 токовых входа 4...20 мА									
	Климатическое исполнение									
	1 - "УХЛ" категорий 3.1 и 4									
	2 - "В" категорий 2 и 5									
	Устойчивость к ЭМВ									
	1 - класс 4									
	2 - классы 5 - 7									
	Интерфейсы									
	0 - без дополнительных									
	интерфейсов (RS-485 и USB в									
	базовом исполнении)									
	HT - HART									
	RS - RS-232									
	ET - Ethernet									
	PF - Profibus									
	NC - NFC									
	WF - Wi-Fi									
	ZB - Zig-Bee									
	GS - GSM/GPRS									
Волна-М	-1	-1	- Ду100Ф	-1	-Т1У1	- 0	- 1	- 1	- HT/PF	(Пример обозначения)

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск +7 (8182) 45-71-35

Астрахань +7 (8512) 99-46-80

Барнаул +7 (3852) 37-96-76

Белгород +7 (4722) 20-58-80

Брянск +7 (4832) 32-17-25

Владивосток +7 (4232) 49-26-85

Волгоград +7 (8442) 45-94-42

Екатеринбург +7 (343) 302-14-75

Ижевск +7 (3412) 20-90-75

Казань +7 (843) 207-19-05

Калуга +7 (4842) 33-35-03

Кемерово +7 (3842) 21-56-70

Киров +7 (8332) 20-58-70

Краснодар +7 (861) 238-86-59

Красноярск +7 (391) 989-82-67

Курск +7 (4712) 23-80-45

Липецк +7 (4742) 20-01-75

Магнитогорск +7 (3519) 51-02-81

Москва +7 (499) 404-24-72

Мурманск +7 (8152) 65-52-70

Наб. Челны +7 (8552) 91-01-32

Ниж.Новгород +7 (831) 200-34-65

Новосибирск +7 (383) 235-95-48

Омск +7 (381) 299-16-70

Орел +7 (4862) 22-23-86

Оренбург +7 (3532) 48-64-35

Пенза +7 (8412) 23-52-98

Пермь +7 (342) 233-81-65

Ростов-на-Дону +7 (863) 309-14-65

Рязань +7 (4912) 77-61-95

Самара +7 (846) 219-28-25

Санкт-Петербург +7 (812) 660-57-09

Саратов +7 (845) 239-86-35

Сочи +7 (862) 279-22-65

Ставрополь +7 (8652) 57-76-63

Сургут +7 (3462) 77-96-35

Тверь +7 (4822) 39-50-56

Томск +7 (3822) 48-95-05

Тула +7 (4872) 44-05-30

Тюмень +7 (3452) 56-94-75

Ульяновск +7 (8422) 42-51-95

Уфа +7 (347) 258-82-65

Хабаровск +7 (421) 292-95-69

Челябинск +7 (351) 277-89-65

Ярославль +7 (4852) 67-02-35

сайт: teplocom.pro-solution.ru | эл. почта: tmo@pro-solution.ru

телефон: 8 800 511 88 70