ООО «НПП Энконт»

СОДЕРЖАНИЕ	
введение	3
ЧАСТЬ 1	
1. ОПИСАНИЕ И РАБОТА	6
1.1 Назначение	6
1.2 Технические характеристики	8
1.3 Устройство и работа	14
1.4 Средства измерений, инструменты и принадлежности	22
1.5 Маркировка	23
1.6 Упаковка	23
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	24
2.1 Подготовка к использованию	24
2.2 Монтаж УПР на трубопроводе	31
2.3 Использование US800	41
2.4 Подготовка к работе	42
2.5 Ввод в эксплуатацию и работа	55
3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	60
4. ПОВЕРКА US800	60
5. ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	61
6. ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ	63
Приложение A . Массогабаритные характеристики US800	64
Приложение Б. Схема внешних подключений US800	66

Приложение Д. Варианты схем подключения US800

плате РК

Приложение В. Расположение элементов коммутации и

индикации на плате УФ **Приложение Г.** Расположение элементов коммутации на

67

67

68

ООО «НПП Энконт»

ЧАСТЬ	2	
1.	— ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	70
2.	СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	71
3.	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	73
4.	УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ	73
5.	ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	74
5.1	Внешний осмотр	74
5.2	Опробование	74
5.3	Определение метрологических характеристик	74
6.	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	79
Прилох	кение А . Методика градуировки US800	80
Прилох	кение Б. Схема включения US800 при проведении	81
	поверки и градуировки	01
ЧАСТЬ	3	
1.	ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	82
2.	СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	83
3.	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	84
4.	УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ	86
5.	ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	86
5.1	ПЕРВИЧНАЯ ПОВЕРКА	87
5.1.1	Внешний осмотр	87
5.1.2	Опробование	88
5.1.3	Определение относительных погрешностей US800	88
5.1.4	Определение и измерение параметров УПР	91
5.1.5	Определение коэффициента коррекции	100
5.2	ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ПОВЕРКА	102
6 .	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	103
прилох	кение А . Схема включения US800 при проведении поверки	104
копидП	кение Б. Зависимость скорости распространения	
	ультразвуковых импульсов от температуры	105
Прилох	кение В. Коэффициент кинематической вязкости воды	107
копидП	кение Г. Эквивалентная шероховатость трубопровода	108
Прилох	кение Д. График к определению гидродинамического коэффициента Krmin	109

ВВЕДЕНИЕ

Руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с устройством расходомера - счетчика жидкости ультразвукового US800 (модификация US800-4) (далее - US800) и состоит из трех частей.

Первая часть содержит описание состава, функциональных возможностей и принципа действия, сведения необходимые для монтажа на месте эксплуатации, использования и технического обслуживания US800.

Во второй части приведена методика первичной и периодических поверок проливным методом.

В третьей части приведена методика первичной и периодических поверок имитационным методом.

Расходомеры, применяемые в сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежит первичной и периодической поверкам органами Государственной метрологической службы по документу «Расходомер-счетчик жидкости ультразвуковой US800. Руководство по эксплуатации US800.421364.001.РЭ. Часть 2» или по документу «Расходомерсчетчик жидкости ультразвуковой US 800.Руководство по эксплуатации US 800.421364.001.РЭ. Часть 3».

Расходомер-счетчик жидкости ультразвуковой имеет сертификаты об утверждении типа средств измерений RU.C.29.006.A №№ 43735, 43770 и зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений РФ под № 21142-11.

В состав US800 входят:

- блок индикации (далее БИ) в комплекте с сетевым блоком питания (БП);
- распределительная коробка (далее РК). Обычно в комплект входит 1 РК; при одном УПР РК вообще отсутствует; в более сложных исполнениях может быть до 3-х (варианты схем подключения в Приложении Д);
- от 1 до 4-х ультразвуковых преобразователей расхода (далее УПР), представляющий собой участок трубопровода с условным диаметром от 15 до 2000 мм;

- устройство формирования (далее УФ) по числу УПР (или комплектов монтажных частей);
 - соединительные кабели и разъемы.

На УПР устанавливаются пьезоэлектрические преобразователи (далее - ПЭП). Также на УПР устанавливается УФ, к которому подключены ПЭП.

УПР в зависимости от исполнения может быть:

- однолучевой при установке одной пары ПЭП на оси, проходящей через диаметр поперечного сечения трубы;
- двухлучевой при установке двух пар ПЭП на осях, параллельных друг другу и проходящих через равные хорды поперечного сечения.

В комплект может входить до 4-х однолучевых и до 2-х двухлучевых УПР.

В заводских условиях может быть изготовлен УПР с условным диаметром до 1400 мм. Альтернативным вариантом может быть поставка комплекта монтажных частей (далее - КМЧ) для самостоятельного изготовления («врезки») УПР на трубопроводе.

При заказе и в документации на другую продукцию, в комплект которой входит US800, необходимо указывать исполнение прибора, условные диаметры УПР, длину соединительных кабелей, количества РК, необходимость и вид поверки.

Шаблон записи при заказе US800 приведен на странице 5. Пример записи US800 при заказе:

Расходомер - счетчик US800 - 40 - D000/D000 - 100/200 - 1 - Р - в комплект входит БИ, РК и два комплекта двухлучевых КМЧ и, соответственно, два УФ (в двухлучевом исполнении); поверенный имитационным способом. Кабель питания бухтой 100 м, кабель РагLan F/UTP бухтой 200 м, с одного конца распаян разъем для подключения к БИ

Расходомер - счетчик US800 - 42 - 100/100/50 - 300/360 - 2 - R - БИ с опцией «токовые выходы», двумя РК, тремя УПР условным диаметрами 100 мм (1-й и 2-й канал), 50 мм (3-й канал) с установленными УФ; поверенный на образцовой проливной установке. Кабель соответственно 300 и 360 м.

Шаблон записи при заказе US800-4

US800-4X -xxx/xxx/xxx - AAA/BBB - C - Y US800.421364.001TY
4 – модификация US800; Исполнение БИ: 40 – базовое исполнение; 42 – с токовыми выходами.
Комплектация УПР: канал 1 / 2 / 3 / 4*: D – двухлучевой; отсутствие буквы – однолучевой; далее указывается диаметр условного прохода в мм.
Суммарная длина кабелей: AAA — провода питания к РК типа ПВС; BBB — провода парной скрутки для прокладки сети RS485 типа ParLan F/UTP.
С – наличие и число РК в комплекте.
Наличие поверки:

N – для некоммерческих измерений (без клейма госповерителя);

Р – поверка канала измерения имитационным методом;

 R – поверка канала измерения на расходомерной установке по эталонному расходомеру-счетчику.

*Примечание: значение **000** означает, что УПР будет изготовляться на трубопроводе, прикладывается комплект КМЧ и УФ с монтажными частями.

ЧАСТЬ 1

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

- 1.1 Назначение
- 1.1.1 Расходомер-счетчик жидкости ультразвуковой US800 предназначен для измерения среднего объемного расхода (в дальнейшем расхода) и объема жидкостей, протекающих в напорных трубопроводах. US800 измеряет расход и объем жидкостей, свойства и течение которых в трубопроводе с условным диаметром от 15 до 2000 мм соответствуют условиям:
 - число Рейнольдса не ниже 5000;
 - максимальная скорость потока не более 12 м/с;
 - полное заполнение трубопровода жидкостью;
 - температура измеряемой среды от 0 до плюс 150 °C;
- содержание газообразных и твердых веществ не более 1% от объема:
 - 1.1.2 БИ выпускается в опциях:
 - токовые выходы (2 токовых выхода);
 - бесперебойное питание.

УПР (КМЧ) выпускается в исполнениях:

- однолучевой или двухлучевой;
- УПР под фланцевое или бесфланцевое соединение;
- с шаровыми кранами (для очистки и замене датчиков без перекрытия потока);
- на давления до 1.6 МПа (стандартное по умолчанию),
 2.5 МПа, 4.0 МПа, 6,3 МПа (по спецзаказу).
- также различаются исполнения на высокие температуры (до 200 °C), агрессивные жидкости, вязкие жидкости, пищевые продукты. Тип жидкости и особые условия эксплуатации указываются при заказе.

US800 может использоваться на предприятиях всех отраслей промышленности как средство измерения расхода и объема по трубопроводам:

- горячей, холодной, в том числе питьевой воды;
- промышленных и бытовых стоков;
- агрессивных жидкостей (кислот, щелочей и т.п.);

- вязких жидкостей (мазута, масел и т.п.);
- жидких пищевых продуктов, кроме газированных напитков;
- любой другой жидкости, отвечающей приведенным выше условиям.
- 1.1.3 US800 измеряет расход и объем при реверсировании потока жидкости в трубопроводе с режимом энергонезависимого счетчика объема:
 - по модулю;
 - с учетом реверса;
 - только в одном направлении.
- 1.4 US800 может передавать информацию об измеренных расходах и объемах внешним устройствам в виде:
 - частотно/импульсных сигналов;
 - аналоговых сигналов постоянного тока;
 - цифровых сигналов стандарта RS485.

Все интерфейсы имеют гальваническую развязку с электрическими цепями US800.

- 1.1.5 US800 может применяться в составе автоматических систем дозирования и регулирования расхода.
 - 1.1.6 US800 является:
- по метрологическим свойствам средством измерения, в случае использования его в сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений;
 - по режиму работы непрерывного режима работы;
- по связи между каналами измерения, входными и выходными сигналами с гальванической развязкой.
 - 1.1.7 БИ US800 соответствует:
- группе исполнения В4 в соответствии с ГОСТ 12997 по устойчивости к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха;
- группе исполнения Р1 в соответствии с ГОСТ 12997 по устойчивости к воздействию атмосферного давления;
- группе исполнения L3 в соответствии с ГОСТ 12997 по устойчивости к механическим воздействиям;
- степени защиты IP54 в соответствии с ГОСТ 14254-96 от проникновения внутрь оболочки твердых тел и воды.

1.1.8 PK US800 работоспособна:

- при температуре окружающей среды от минус 40 до плюс 60°С;
- степень защиты IP67 в соответствии с ГОСТ 14254-96 от проникновения внутрь оболочки твердых тел и воды.
 - 1.1.9 УПР US800 работоспособен:
- при температуре измеряемой среды от минус 40 до плюс 150 °C и при изменении температуры окружающей среды от минус 40 до плюс 60 °C при условии не замерзания измеряемой жидкости;
- при избыточном давлении измеряемой среды до 1,6 МПа, для специальных исполнений 2.5, 4, 6.3 МПа;
- при воздействии механических нагрузок по группе исполнения N3 ГОСТ 12997.
- УПР с установленным УФ соответствует степени защиты IP65 в соответствии с ГОСТ 14254-96 от проникновения внутрь оболочки твердых тел и воды (УПР без УФ в специальном исполнении IP68, УФ отдельно соответствует IP67).
- 1.1.10 По электромагнитной совместимости US800 способен функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам в соответствии с требованиям ГОСТ Р 51522-99.
 - 1.2 Технические характеристики
- 1.2.1 Пределы относительных погрешностей ЭБ US800 указаны в таблице 1.
- 1.2.2 US800 измеряет средний объемный расход воды (жидкости) в зависимости от диаметра условного прохода (далее Ду) трубопровода в соответствии с таблицей 2.

Таблица 1

Относительная погрешность, %				
при измерении времени распро- странения ультра- звуковых импуль- сов и расхода	при преобразова- нии расхода в ча- стот- ный/импульсный сигнал		при из- мерении объема	времени наработки
± 0,4	± 0,1	± 0,4	± 0,5	± 0,1

Таблица 2

	Объемный расход, м³/ч		
Ду	Qmax	Qp	Qmin
	(максимальный)	(переходный)	(минимальный)
15	5	1	0,3
25	8	1,7	0,5
32	30	2,2	0,7
40	45	2,7	0,8
50	70	3,4	1
65	120	4,4	1,3
80	180	5,4	1,6
100	280	6,8	2
150	640	10,2	3
200	1100	13,6	4
250	2000	18	5
300	2500	20	6
350	3500	24	7
400	4500	28	8
500	7000	34	10
600	10000	42	12
700	14000	48	14
800	18000	56	16
900	23000	62	18
1000	28000	68	20

Примечание: При расходах от наименьшего до минимального погрешность не нормируется.

1.2.3 Пределы относительных погрешностей US800, поверенных на поверочной расходомерной установке согласно Части 2 данного руководства указаны в таблице 3.

Таблица 3

			Относительная погрешность при измерении, %		
Диапазон расхода	Диаметр условного прохода, мм; и исполнение УПР	расхода по индикатору и частотно- му выходу	расхода по токо- вому выходу	объема по инди- катору	
0 . 0-	15-150 однолучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5	
Q _{min} - Q _P	50-150 двухлучевой	± 1,0	± 1,5	± 1,0	
00	15-150 однолучевой	± 1,0	± 1,0	± 1,0	
$\mathbf{Q}_{P} - \mathbf{Q}_{max}$	50 -150 двухлучевой	± 0,5	± 1,0	± 0,5	

1.2.4 Пределы относительных погрешностей US800, поверенных имитационным методом согласно Части 3 данного руководства, указаны в таблице 4.

Таблица 4

		Относительная погрешность при измерении, %		
Диапазон расхода	Диаметр условного прохода, мм; и исполнение УПР	расхода по индикатору и частотно- му выходу	расхода по токо- вому выходу	объема по инди- катору
0 . 0-	32-200 однолучевой	± 3,0	± 3,0	± 3,0
Q _{min} - Q _P	50-200 двухлучевой	± 2,0	± 2,0	± 2,0
00	32-200 однолучевой	± 2,0	± 2,0	± 2,0
$\mathbf{Q}_{P} - \mathbf{Q}_{max}$	50-200 двухлучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5

1.2.5 Пределы относительных погрешностей US800 с использованием в качестве УПР участка действующего трубопровода и поверенных согласно Части 3 данного руководства, указаны в таблице 5.

Таблица 5

		Относительная погрешность при из- мерении, %		
Диапазон расхода	Диаметр условного прохода, мм; и ис- полнение УПР	расхода по индикатору и частотно- му выходу	расхода по токовому выходу	объема по инди- катору
0 . 0-	> 200 однолучевой	± 2,0	± 2,5	± 2,0
Q _{min} - Q _P	> 200 двухлучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5
Q _P – Q _{max}	> 200 однолучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5
QP — Qmax	> 200 двухлучевой	± 0,75	± 1,5	± 0,75

- 1.2.6 Изменение температуры окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 50° С не оказывает влияния на метрологические характеристики US800.
- 1.2.7 Воздействие внешнего магнитного поля напряженностью 400 А/м и частотой 50 Гц не оказывает влияния на метрологические характеристики US800.
- 1.2.8 Блок индикации US800 ведет учет прошедшего через контролируемые трубопроводы объема, а также времен наработки и времени сети в энергонезависимых архивах:
 - часовом (суточном) глубиной до 4-х календарных месяцев;
 - месячном глубиной до 16 лет.
 - 1.2.9 Питание US800 может осуществляться от напряжений:
 - =(24-32) В, 1,5 А для комплектов без сетевого БП;
 - ~ (85 264)В, (47 ~ 63) Гц для комплектов с БП;
- 1.2.10 Максимальная мощность, потребляемая от сети, не превышает 8 ВА.
 - 1.2.11 US800 сохраняет информацию при отключении питания.
- 1.2.12 Виды сигналов электронного блока US800, пределы их изменения, нагрузка приведены в таблице 6.

Таблица 6

Вид сигнала	Пределы, диапазон измене- ния	Нагрузка, ком- мутируемый сигнал	Количество в зависимости от исполнения ЭБ
Выходной аналоговый силой постоянного тока	4 – 20 mA	до 0,4 кОм	- (2)
Выходной ча- стотный / им- пульсный	U _{max} - 5V DC; f _{max} - 1 kHz (вес импульса от 0.0001 до 65535 л/имп)	Не менее 4 В на нагрузке в 1 кОм 4	
Последова- тельный циф- ровой интер- фейс RS485	Скорость передачи: от 600 до 115200 бод Расстояние до1200 м	не менее 100 Ом количество устройств в сети до 255	1

- 1.2.13 Электрическое сопротивление изоляции между цепями питания и общим проводом БИ US800, между изолированными электрическими цепями и между этими цепями и общим проводом БИ не менее:
- 20 МОм при температуре окружающего воздуха (20 ± 2)° С и относительной влажности от 30 до 80 %.
- 5 МОм при температуре 50° С и относительной влажности от 30 до 80 %.
- 1.2.14 Средняя наработка на отказ с учетом технического обслуживания, регламентированного руководством по эксплуатации не менее 50000 часов при нормальных условиях.

US800 относится к восстанавливаемым, ремонтируемым, многофункциональным изделиям. Среднее время восстановление работоспособного состояния изделия не более 1,5 часов.

- 1.2.15 Средний срок службы US800 не менее 12 лет.
- 1.2.16 Общий вид, габаритные размеры и масса US800 приведены в приложении A.

1.2.17 Комплект поставки US800 указан в таблице 7.

Таблица 7

Наименование	Количество в зависимости от исполнения ЭБ и УПР	Примечание	
Блок индикации БИ	1		
Блок питания БП	1	DR-4524 Mean Well	
Распределительная коробка РК	от 0 до 3	При наличии в заказе	
УПР с УФ фланцевый (по заказу – в сборе с ответными фланцами и крепежом) либо бесфланцевый, отторцованный под сварку	от 1 до 4	Однолучевой/ двухлучевой.	
Комплект пьезоэлектрических преобразователей ПЭП с паронитовыми прокладками	от 1 до 4	Если в заказе отсутствует УПР. Однолучевой/ двухлучевой.	
Комплект монтажных частей КМЧ-800 (бобышки и гайки) и УФ с кронштейном для крепления	от 1 до 4		
Кабель витая пара	М	ParLan F/UTP Cat5e V/PE 2*2*0,52	
Кабель питания	М	ПВС 2*0,75 мм	
Эксплуатационная документация в составе: руководство по эксплуатации US800.421364.001PЭ; паспорт US800.421364.001ПС.	1	При групповой поставке РЭ поставляется из расчета 1 экземпляр на десять US800.	
Дополнительное оборудование: - преобразователь интерфейса RS485 в USB, RS232, Ethernet; - комплект GSM модемов для беспроводной передачи данных; - приспособления для изготовления УПР модификаций 000; - комплект ИБП.		Тип и количество – по согласованию с заказчиком	

- 1.3 Устройство и работа
- 1.3.1 Принцип работы US800

US800 измеряет расход на основе измерения времени распространения импульсов ультразвукового колебания через движущуюся жидкость. Разность между временами распространения ультразвуковых импульсов в прямом и обратном направлениях относительно движения жидкости пропорциональна скорости ее потока.

Возбуждение ультразвуковых колебаний осуществляется пьезоэлектрическими преобразователями (далее – ПЭП), располагаемых на участке трубопровода, в котором производится измерение расхода жидкости. В зависимости от установки ПЭП относительно сечения потока, скорость последнего измеряется по двум или одному лучам ультразвуковых колебаний.

Принцип работы поясняется на рисунке 1.

Участок трубопровода с ПЭП, установленными на его диаметрально противоположных сторонах, образует первичный ультразвуковой преобразователь расхода УПР. В однолучевом УПР устанавливаются два ПЭП, которые размещаются на оси проходящей через диаметр поперечного сечения УПР. Двухлучевой УПР содержит две пары ПЭП, которые размещены на осях параллельных друг другу и проходящих через равные хорды поперечного сечения. Оси установки ПЭП располагаются под углом к оси УПР или совпадают с нею (в однолучевом УПР).

Движение жидкости вызывает изменение времени полного распространения ультразвуковых сигналов по потоку и против него. Скорость распространения ультразвукового импульса в жидкости, заполняющей трубопровод, представляет собой сумму скоростей ультразвука в неподвижной жидкости и скорости потока жидкости V в проекции на рассматриваемое направление распространения ультразвука. Таким образом, время распространения ультразвука по потоку и против него определяется в соответствии с формулами (1) и (2):

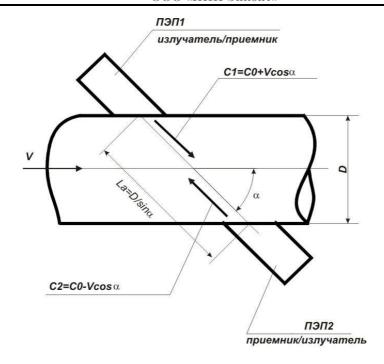


Рисунок 1

$$t_1 = \frac{L_{\pi} - L_a}{C_0} + \frac{L_a}{C_0 + V \cdot \cos(\alpha)},$$
 (1)

$$t_2 = \frac{L_{\pi} - L_{a}}{C_0} + \frac{L_{a}}{C_0 - V \cdot \cos(\alpha)},$$
 (2)

где $t_{\text{1}},\ t_{\text{2}}$ - время распространения ультразвукового импульса по потоку и против потока;

 L_a - длина активной части акустического канала;

 L_{∂} - расстояние между мембранами ПЭП;

 C_0 - скорость ультразвука в неподвижной воде;

V - скорость движения воды в трубопроводе;

lpha - угол в соответствии с рисунком 1.

БИ совместно с УФ, содержащие электронные узлы формирования и преобразования ультразвуковых импульсов, вычисления расхода, объема и вывода на основе измеренных времен распространения ультразвуковых импульсов, образуют вторичный преобразователь. Вычисление расхода Q в БИ осуществляется по формулам (3) и (4) с учетом формул (1) и (2):

$$V = \frac{(t_2 - t_1) \cdot C_0^2}{2L_a \cdot \cos(\alpha)},\tag{3}$$

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot K}{4} \times \frac{(t_2 - t_1) \cdot C_0^2}{2 \cdot L_a \cdot \cos(\alpha)},$$
 (4)

где D – внутренний диаметр УПР в зоне установки ПЭП1 и ПЭП2;

K - коэффициент коррекции, рассчитываемый в зависимости от гидродинамических свойств жидкости и характера ее потока в УПР.

Для исключения влияния изменения скорости ультразвука в жидкости от температуры, в приборе учитывается фактическая скорость ультразвука, рассчитанная по формуле (5), которая является хорошим приближением формулы (6).

$$C_0^2 = \frac{L_{\pi}^2}{t_1 \cdot t_2},\tag{5}$$

$$C_0^2 = \left(\frac{2 \cdot L_{\pi}}{t_1 + t_2}\right)^2, \tag{6}$$

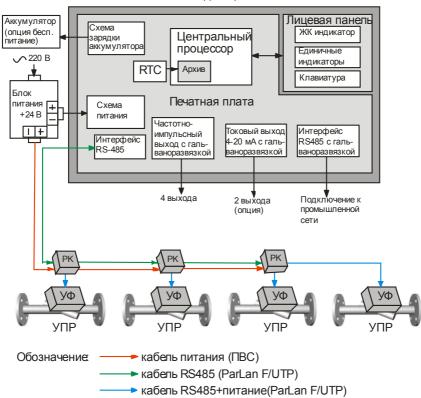
- 1.3.2 Устройство US800
- 1.3.2.1 УПР, изготовленный в заводских условиях, представляет собой отрезок трубы из нержавеющей или кислотостойкой стали, к торцам которой приварены два фланца по ГОСТ 12815-80. В средней зоне трубы приварены держатели. Держатели служат для установки ПЭП, которые устанавливаются с паронитовыми прокладками и фиксируются в держателях гайками.



1.3.2.2 Функциональная схема US800-4 приведена на рисунке 2. Конструктивно БИ представляет собой прочный металлический приборный корпус для настенного монтажа. На корпусе расположены гнездо для подключения питания, разъема для подключения УПР и разъема для подключения других приборов или устройств, принимающих аналоговые и частотные сигналы БИ, а также цифровой последовательный интерфейс.



Блок индикации



Устройство формирования Интерфейс Схема RS485 с гальпитания Печатная плата ваноразвязкой Интерфейс RS485 + питание УФ Приемо-Схема К ультразвуковым . передатчик с Процессор усиления и ▶ датчикам УПР гальванической расходомера детектирования развязкой

Рисунок 2

БИ обеспечивает:

- обмен данными с устройством формирования, управляя им и получая данные, необходимые для расчета расхода;
- расчет и индикация расхода, ввод и редактирование параметров каналов измерения;
- формирование выходных сигналов (частотного, токового), цифрового интерфейса для подключения к промышленной сети;
 - сохранение данных о расходе в архивах.

На лицевой панели БИ расположены:

- двухстрочный индикатор по 16 символов в строке;
- единичные индикаторы;
- кнопки управления режимами функционирования (отображения информации).

Внешний вид лицевой панели приведен на рисунке 3.

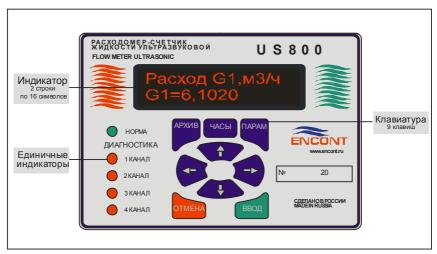
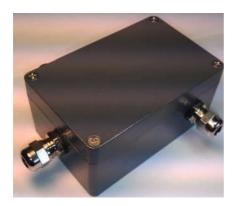


Рисунок 3

РК имеет пластиковый корпус с сальниками (кабельными вводами) и съемной верхней крышкой. Внутри печатная плата с установленными клеммными колодками. РК предназначена для разводки цепей питания и интерфейса от общей шины на УПР и последующие РК. Количество и расположение РК зависит от взаимно-

го расположения БИ и УПР. Если УПР расположены последовательно по ходу прокладки общей шины, то около каждого УПР может быть целесообразно установить РК и их максимальное количество достигнет 3-х. Если же УПР расположены компактно на какомто тепловом пункте, водной подстанции или подвале, достаточно одной РК. БИ при этом будет расположен в сухом отапливаемом помещении в месте, удобном для контроля за показаниями расходомера, на расстоянии до 1200 метров от места установки УПР (без использования репитера RS485). Все варианты подключения US800-4 приведены в Приложении Д.

УФ имеет прочный металлический корпус с кабельными вводами для кабелей подключения к БИ и ПЭП. Присоединение кабелей осуществляется внутри корпуса УФ при снятой верхней крышке при помощи клеммных колодок, установленных непосредственно на плате УФ. Степень защиты УФ IP67. УФ имеет два исполнения – для одно- и двухлучевых труб.



УФ обеспечивает:

- формирование и прием (усиление и детектирование) сигналов от ПЭП с гальванической развязкой;
 - расчет величины времени прохождения импульсов;
 - обмен данными с БИ.

- 1.3.3 Организация системы работы с US800
- 1.3.3.1 US800 имеет следующие режимы функционирования (отображения информации):
 - Режим просмотра текущих параметров;
 - Режим просмотра архивных записей;
 - Режим редактирования времени и даты;
 - Режим просмотра параметров УЗС;
- Режим просмотра и редактирования программируемых параметров.
- 1.3.3.2 В режиме просмотра текущих параметров выполняются следующие функции:
- измерение текущего среднего объемного расхода и накопление объема в счетчиках жидкости по каждому из каналов;
- отображение текущих расходов, счетчиков объема и времени наработки на цифровом индикаторе;
- сигнализация работоспособного состояния и возникающих сбоев по каждому из каналов измерения на единичных индикаторах.
- 1.3.3.3 Визуализация информации осуществляется на двустрочном индикаторе. Схема индикации приведена на рисунке 4.

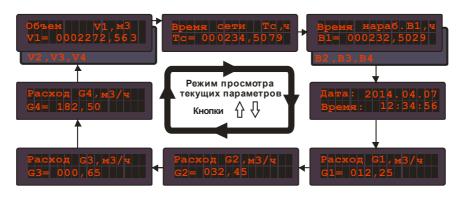


Рисунок 4

1.3.3.4 Наиболее ответственным для работы прибора является этап ввода программируемых параметров US800. Программируемые параметры определяют функционирование прибора, поэтому их некорректный ввод приведет к ошибкам в измерениях, отображению информации на индикаторе, параметров выходных сигналов, к потере связи по цифровому интерфейсу.

Программируемые параметры разделены на группы:

- системные параметры задаются для US800 в целом;
- параметры каналов измерения расхода.
- 1.4 Средства измерений, инструменты и принадлежности.
- 1.4.1 Для технического освидетельствования, выполнения работ по техническому обслуживанию US800 могут применяться следующие технические средства:
- установка для проверки электрической прочности изоляции с испытательным напряжением от 0,1 до 1,5 кВ синусоидальной формы, частотой 50 Гц, мощностью не менее 0,1 кВА с погрешностью установки испытательного напряжения не более 10%;
- мегомметр с верхним пределом измерения не менее 100 МОм, номинальным напряжением 100 В и основной погрешностью не более 30 %;
- частотомер электронно-счетный с верхним пределом измерения 5 МГц с основной погрешностью в пределах \pm 0,1 %;
- вольтметр универсальный с диапазоном измерений (0-250) В с основной погрешностью в пределах $\pm 0,1\%$.
- 1.4.2 Для выполнения работ, связанных с изготовлением УПР на трубопроводе (при заказе КМЧ в комплекте US800) могут применяться следующие технические средства и приспособления:
 - штангенциркуль ШЦ-III400-0,1 ГОСТ 166-89;
 - рулетка ЗПК2-10АНТ-1 ГОСТ 7502-89 с ценой деления 1 мм;
 - приспособление для приварки держателей AC801;
 - приспособление для доработки держателей AC802;
 - приспособление для измерения базового расстояния между ПЭП – AC803;
 - приспособление для измерения угла наклона ПЭП − AC805.

- 1.5 Маркировка
- 1.5.1 На каждый УПР, вышедшем из производства, наносятся:
- диаметр условного прохода, а также порядковый номер трубы и год изготовления по системе предприятия-изготовителя на трубе;
- диаметр условного прохода, материал и максимальное эксплуатационное значение избыточного давления на фланце;
 - маркер на держателе первого по потоку ПЭП.
 - 1.5.2 На каждый БИ наносятся:
 - наименование изделия;
 - товарный знак и наименование предприятия-изготовителя;
 - надпись «Сделано в России»;
- порядковый номер прибора и год изготовления по системе предприятия-изготовителя;
 - знак утверждения типа средств измерений по ПР 50.2.009.
 - 1.5.3 На каждый УФ наносится:
- порядковый номер прибора по системе предприятияизготовителя и год изготовления;
 - адрес УФ в сети расходомера (от 1 до 4-х).
- 1.5.4 Пломбирование БИ расходомера осуществляется пломбой-наклейкой с логотипом изготовителя на одном из крепежных винтов крышки. Повреждение данной пломбы приводит к потере возможности ремонта прибора по гарантии.

После осуществления монтажа и наладки возможно осуществить пломбирование РК и УФ.

Также возможна пломбировка разъемов БИ расходомера путем пропуска через отверстия их составных частей проволоки и скрепления её концов пломбой.

1.6 Упаковка

БИ, а также УФ упаковываются в индивидуальную упаковку - картонные коробки по ГОСТ 9142. Свободное пространство в коробках заполняется амортизирующим материалом. Коробка заклеивается клейкой лентой (скотчем).

УПР могут упаковываться в зависимости от их условного диаметра в картонные коробки, полиэтиленовые чехлы, деревянные ящики или обрешетку (для больших диаметров, по специаль-

ному требованию). УПР могут упаковываться в собственную транспортную тару отдельно, в соответствии с требованиями транспортной компании, осуществляющей доставку.

Кабели укладываются в бухты и помещаются в транспортную тару.

Потребителю рекомендуется сохранять упаковку в течение гарантийного срока эксплуатации.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Подготовка к использованию.

2.1.1 Распаковка

При получении расходомера необходимо проверить сохранность транспортной тары. После распаковки необходимо проверить комплектность расходомера. Она должна соответствовать документации заказа и комплектности, указанной в паспорте на расходомер.

Затем необходимо произвести внешний осмотр компонентов расходомера на предмет механических повреждений, нарушений защитных покрытий, следов коррозии, ослабления механических креплений и т.д. Соединительные кабели должны быть свободно уложены в бухты и не иметь следов изломов.

2.1.2 Меры безопасности при монтаже и пуске в эксплуатацию Монтаж, наладку и эксплуатацию расходомера должны производить лица, имеющие специальную подготовку и аттестацию, разрешение на выполнение соответствующих работ, ознакомленные с нормативными документами и настоящим руководством по эксплуатации.

2.1.3 Требования к местам установки расходомера

Соблюдения следующих требований гарантирует надежную работу расходомера и соответствие заявленным метрологическим характеристикам.

В месте установки БИ не допускается концентрация агрессивных паров и газов.

2.1.3.1 Защита от электромагнитных помех и прокладка сети.

Не рекомендуется питать US800 от электрической сети, в которой происходят частые коммутации силовых нагрузок или используются мощные преобразователи частоты.

В месте установки УПР с УФ не должно быть установлено оборудования, наводящих мощные электромагнитные помехи на датчики, кабели и элементы схемы УФ, что может приводит к сбоям в работе.

Для защиты от механических повреждений кабель рекомендуется прокладывать в трубах, кабельных каналах или коробах. Избегать прокладки сетевого кабеля расходомера вдоль силовых кабелей, особенно коммутирующих большие токи. Прокладку сети рекомендуется проводить кабелем типа «витая пара» с экраном и сечением проводов не менее 0,5 мм. Рекомендованный тип ParLan F/UTP Cat5e V/PE 2*2*0,52 (входит в комплект) или аналогичный. Скорость передачи внутри сети БИ-УФ сравнительно небольшая (9600 кБ/с), специализированные микросхемы RS485 внутри устройств согласованы по волновому сопротивлению со специализированным кабелем. Однако при сложной топологии или очень длинной сети при возникновении проблем с передачей данных необходимо ознакомится и руководствоваться ГОСТ ИСО 8482-93 и другими нормативными документами. Например, при последовательном подключении ответвление приемника от точки подключение к шине не должно быть чрезмерно длинным, а при очень длинной сети на концах может потребоваться использовать согласующих терминаторов (резисторов порядка 120 Ом). Также необходимо избегать неподключенных сегментов сети.

2.1.3.2 Установка УПР

Для надежной работы расходомера и соответствия заявленным метрологическим характеристикам необходимо выполнить ряд требований к местам установки УПР

УПР могут устанавливаться в вертикальные, горизонтальные и наклонные трубопроводы на восходящих потоках, не создают гидравлического сопротивления и не требуют установки фильтров в трубопровод.

Главными условиями для соблюдения метрологических характеристик при измерении расхода являются:

- полное заполнение сечения УПР жидкостью;
- симметричное распределение (эпюра) местных скоростей жидкости в профиле его потока относительно оси УПР.

Присутствие твердых или газообразных включений на пути следования ультразвукового сигнала приводит к отказу прибора и невозможности вычисления расхода. Причиной этого может быть загрязнение жидкости, а также кавитация, вспенивание, сифонный эффект. Данные явления определяются свойствами измеряемой жидкости, наличием в ней посторонних примесей, присутствием в непосредственной близости к месту установки УПР гидравлических сопротивлений. Неполное заполнение трубопровода может приве-

сти к неправильному расчету расхода. Также необходимо учитывать возможные перерывы в подаче.

Во избежание (или уменьшения вероятности) возможных ошибок в измерении и сбоев в работе расходомера необходимо следовать следующим рекомендациям при установке УПР:

- рекомендуется устанавливать УПР вертикально, на восходящем потоке (рисунок 5,a);
- на длинных горизонтальных трубопроводах установку УПР желательно осуществлять на участке, имеющем угол восхождения (рисунок 5,6);
- при подаче или вытекании жидкости самотеком во избежание неполного заполнения установку УПР осуществлять в заниженной секции трубопровода (рисунок 5,в);
- в случае, когда может возникнуть неполное заполнение изза перерывов в подаче, рекомендуется устанавливать УПР в нижней секции трубопровода на восходящем потоке (рисунок 5, г);
- не рекомендуется устанавливать УПР в наивысшей точки трубопроводной трассы (рисунок 6, a);
- не рекомендуется в качестве места установки УПР использовать прямые заниженные секции трубопровода во избежание образования отложений в УПР (рисунок 6, б);
- избегать установки УПР на нисходящем участке трубопровода, имеющего свободный слив жидкости в атмосферу (рисунок 6, в);
 - не устанавливать УПР перед всасывающим насосом;
- при установке УПР плоскость ПЭП ориентировать горизонтально с допускаемыми отклонениями (рисунок 7)

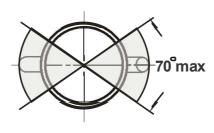


Рисунок 7

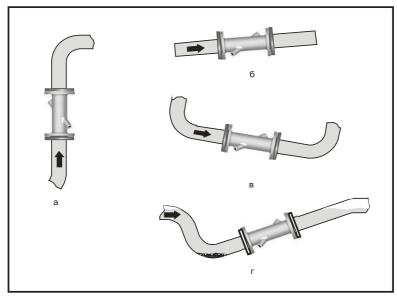


Рисунок 5 Предпочтительные варианты установки УПР

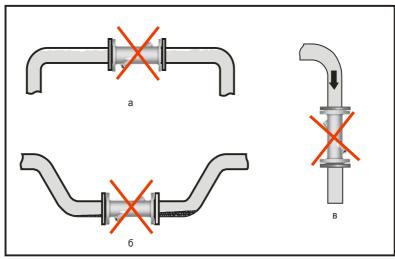


Рисунок 6 Не рекомендуемые места установки УПР

Наличие колен, задвижек, насосов, диффузоров, тройников и других гидравлических сопротивлений могут искажать профиль течения жидкости, что влияет на погрешность измерения. Для того, чтобы погрешности измерений находились в установленных пределах, рекомендуется в местах установки УПР выдерживать прямые участки трубопровода до и после УПР в зависимости от типа гидравлического сопротивления и диаметра условного прохода (Ду) УПР в соответствии с рисунком 8. В скобках приведены значения, до которых можно сокращать длины прямых участков, при использовании двухлучевых УПР.

Полностью открытые полнопроходные шаровые краны не являются гидравлическим сопротивлением.

Длина прямолинейного участка трубопровода между двумя последовательными местными сопротивлениями перед УПР должна быть не менее 5 Ду.

Внутренний диаметр трубопровода в месте установки не должен отличаться более чем на $\pm~5~\%$ от фактического внутреннего диаметра УПР.

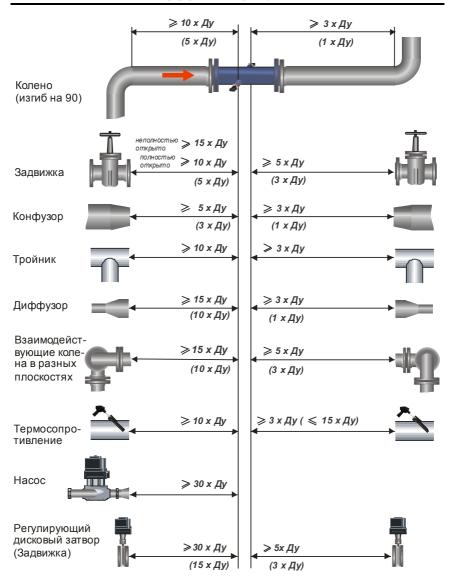


Рисунок 8

2.2 Монтаж УПР на трубопроводе Монтаж US800 включает в себя:

- изготовление УПР на трубопроводе (при поставке КМЧ) или монтаж комплектного УПР;
- монтаж и подключение УФ (в случае комплектного УПР УФ уже будет смонтирован и подключен к датчикам);
 - монтаж и подключение блока питания и БИ;
 - монтаж сети RS485 и питающей сети.
- 2.2.1 Изготовление УПР на трубопроводе осуществляется при поставке US800 без УПР по нижеследующей методике.

Выбрать участок трубопровода, на котором будут осуществляться измерения в соответствии с требованиями пункта 2.1 настоящего руководства. 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.

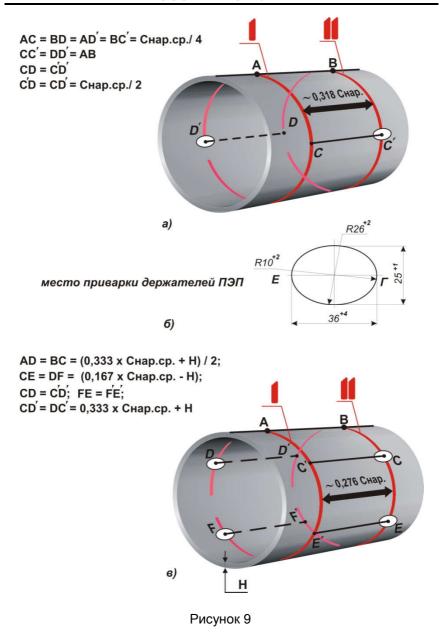
Обеспечить в выбранном участке трубопровода отсутствие жидкости и остаточного давления. Очистить поверхность на предполагаемом для врезки участке от грязи, изоляции, покрытия и т.п. до металла.

2.2.1.1 Разметка однолучевого УПР на трубопроводе (рисунок 9, a).

Измерить не менее 5 раз рулеткой длину окружности трубопровода на выбранном участке под УПР. Найти среднее значение длины окружности **Снар**.

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 **0,318**×**Cнар**.

Провести через точки **A** и **B** с помощью гибкой металлической ленты (линейки, рулетки и т.д.) линии **I** и **II**, перпендикулярные линии **AB**.



Измерить в сечениях I и II не менее 3 раз рулеткой длины окружностей и найти их средние значения C^I нар.ср. и C^{II} нар.ср.

Проверить выполнение условия $0,99 \le (C'hap.cp. / C''hap.cp.) \le 1,01$. Если условие не выполняется, выбрать другой подходящий участок трубопровода.

Вычислить среднеарифметическое значение длины окружности:

Chap.cp. = $(C'_{\text{hap.cp.}} + C''_{\text{hap.cp.}}) / 2$.

Разметить точки **C**, **C'**, **D**, **D'** на расстоянии **Chap.cp** / **4** от точек **A** и **B**.

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

|CC'| = |DD'| = AB, |CD| = |C'D'|, |C'D| = |CD'| = Chap.cp / 2.

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

2.2.1.2 Разметка двухлучевого УПР на трубопроводе (рисунок 9, в).

Измерить не менее 5 раз рулеткой длину окружности трубопровода на выбранном участке под УПР. Найти среднее значение длины окружности **Снар**.

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**×**Chap**.

Провести через точки **A** и **B** с помощью гибкой металлической ленты (линейки, рулетки и т.д.) линии **I** и **II**, перпендикулярные линии AB.

Измерить в сечениях I и II не менее 3 раз рулеткой длины окружностей и найти их средние значения C'нар.ср. и C''нар.ср.

Проверить выполнение условия $0,99 \le (C'hap.cp. / C''hap.cp.) \le 1,01$. Если условие не выполняется, выбрать другой подходящий участок трубопровода под изготовление УПР.

Вычислить среднеарифметическое значение длины окружности:

Chap.cp. =
$$(C'hap.cp. + C''hap.cp.) / 2$$
.

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 **H**.

Отметить от точек **A** и **B** точки **D** и **C** соответственно, на расстоянии:

$$AD = BC = (0,333 \text{ Chap.cp.} + H) / 2.$$

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. Проверить выполнение условий с точностью \pm 1мм:

$$CD' = C'D = 0,333$$
 Chap.cp. + H;
 $CD = C'D'$

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

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

$$CE = DF = 0,167 Chap.cp. - H.$$

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. Проверить выполнение условий с точностью \pm 1мм:

$$FE' = F'E = 0,333 \text{ Chap.cp.} + H;$$

 $FE = F'E'.$

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

2.2.1.3 Приварка держателей ПЭП.

Произвести разметку овалов, в соответствии с рисунком 9,6, совместив при этом центр О и ось ЕГ лекала с отмеченной точкой и линией разметки (по пп. 2.2.1.1 или 2.2.1.2). Допускается произво-

дить разметку мест приварки держателей при помощи трафарета, с размеченными заранее точками в зависимости от диаметра трубопровода по требованиям п.2.2.1.1, 2.2.1.2.

Вырезать отверстия в трубопроводе в местах разметки овалов. Обработать их - зачистить кромки, удалить окалину, снять заусенцы.

Приварку держателей ПЭП на трубопровод производить в соответствии с рисунком 10 при помощи приспособления для сварки (штанга определенной длины с гайками и шайбами), которое обеспечивает требуемое взаимное расположение держателей относительно друг друга.

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 8.

Таблица 8

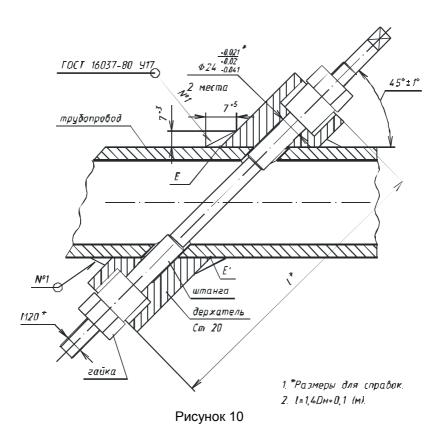
Условный диаметр трубопровода,	Длина направляющей
ММ	штанги, мм
250	750
300	820
400	960
500	1100
600	1240
700	1430
800	1550
1000	1780
1600	2600
1800	3000

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

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

Установить держатели на штангу, совместив нанесенные риски на держателе с линиями разметки трубопровода (п.2.2.1.1 или 2.2.1.2) и закрепить их гайками.

Схема приварки держателей ПЭП к трубопроводу



Прихватить сваркой держатель в точке Е. Провернуть штангу вокруг своей оси, откорректировать угол наклона штанги. Прихватить сваркой другой держатель в точке Е'. Далее процесс поочередной прихватки каждого держателя произвести в четырех диаметрально противоположных точках (крестообразно). После при-

хватки в каждой точке делать паузу для остывания металла в местах сварки. Повторить такую операцию на каждом держателе в промежуточных диаметрально противоположных четырех точках, делая выдержку с целью остывания металла.

Убедившись в правильности предварительной сварки приступить к окончательному привариванию шва, постоянно совершая колебательно-вращательные движения штанги вокруг своей оси для устранения возможных перекосов.

Доработать с помощью развертки отверстие диаметром $24^{+0,021}$ в каждом из держателей до диаметра $24^{+0,13}$ мм.

Измерить суммарную толщину стенки трубопровода, отложений Нп и рассчитать внутренний диаметр трубопровода $\boldsymbol{D}_{\text{внутр}}$ по методике части 3 настоящего руководства. Для этого рекомендуется вварить гильзы в зоне установки ПЭП по двум взаимно перпендикулярным направлениям в соответствии с рисунком 11. После измерений гильзы закрыть заглушками на резьбе.

Для контроля правильности выполнения работ измерить по методике части 3 настоящего руководства по эксплуатации:

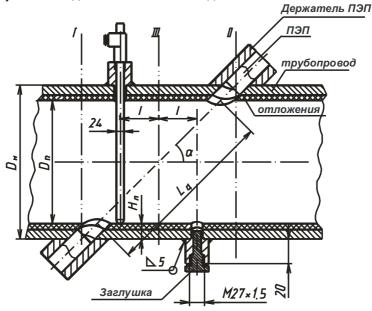
- смещение оси акустического канала относительно центральной оси трубопровода χ;
 - угол наклона оси акустического канала;
 - базовое расстояние между ПЭП L_Д.
 - 2.2.1.4 Монтаж УФ и ПЭП.

Приварить кронштейн для крепления УФ на примерно равном расстоянии между держателями. Установить УФ через теплоизоляционную прокладку на кронштейн и закрепить входящими в комплект винтами. Установить в держатели ПЭП входящими в комплект КМЧ гайками через прокладки. Открыть крышку УФ. По необходимости отрезать излишки сигнального кабеля от ПЭП и зачистить концы кабеля от изоляции. Ослабить кабельные вводы и ввести через них отрезки кабелей от датчиков внутрь на необходимую длину. Присоединить при помощи клеммных колодок, установленных на плату УФ (см. Приложение В), зачищенные отрезки кабелей. Закрепить кабельные вводы.

2.2.2 Монтаж готового УПР

Выбрать участок трубопровода, на котором будут осуществляться измерения и установка УПР в соответствии с требованиями

подраздела 2.1.3.2. Обеспечить в выбранном участке трубопровода отсутствие жидкости и остаточного давления.



1. I=0,5DH-0,06 [M].

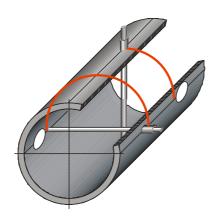


Рисунок 11

Разметить по монтируемому УПР и вырезать на трубопроводе участок в месте установки.

Оценить по вырезанному участку трубопровода состояние его внутренней поверхности (отложения, степень коррозии). Измерить внутренний диаметр Dвнутр с учетом отложений. Проверить выполнение условия:

[D внутр - D внутр] ≤ 0,05 D внутр где D внутр - внутренний диаметр трубопровода; D внутр - внутренний диаметр УПР;

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

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

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.

Снять УПР.

Приварить ответные фланцы к трубопроводу по отметкам.

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.

2.2.3 Монтаж и разводка сети расходомера.

Для разводки сети питания и связи от БИ ко всем УФ использовать входящие в комплект кабели и РК. При присоединении проводов к РК отрезать кабели необходимой длины и зачистить концы проводов от изоляции. Открыть крышку РК. Ослабить кабельные вводы и завести кабели внутрь РК через кабельные вводы и присоединить при помощи клеммных колодок согласно их расположению на плате РК, приведенному в приложении Г. Закрепить кабельные вводы. После проверки работоспособности расходомера закрыть крышки РК и по необходимости запломбировать

При присоединении сетевого кабеля к УФ действовать также, как при монтаже РК. Присоединить кабель при помощи клеммных колодок, установленных на печатной плате УФ, согласно их расположению, приведенному в Приложении В. После подачи питания и включения УФ тестером проконтролировать напряжения на клеммах питания УФ (должно быть не менее 12 В). Убедиться в правильности соединений и работоспособности канала измерения расхода при помощи светодиодов на плате УФ (приложение В) и показаний БИ (описывается далее). Закрыть крышку УФ и по необходимости запломбировать.

2.2.4 Монтаж БИ и БП.

БИ закрепить на опорной поверхности в вертикальном положении при помощи монтажных лапок на дне корпуса. БП закрепить на DIN-рейке. Подключить БП к питающей сети сетевым кабелем, и запитать БИ от БП кабелем питания, входящим в комплект.

Установочные размеры составных частей расходомера приведены на рисунке 12.

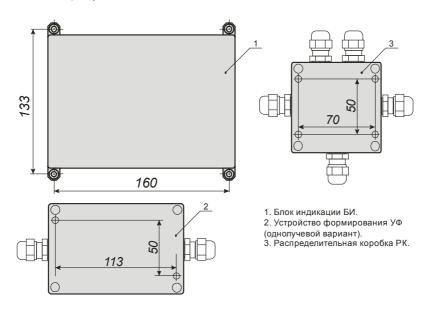


Рисунок 12 Установочные размеры частей расходомера.

- 2.3 Использование US800
- 2.3.1 Расход G отображается в м³/ч. Формат отображения расхода зависит от программируемого параметра **Gmax** «Верхняя эксплуатационная граница расхода». Количество знаков перед запятой данного параметра (порядок числа) для данного канала, определяет порядок отображения числа расхода в режиме просмотра текущих параметров для данного канала. Например, если параметр №010 G1max=200.0, то формат отображения G1=XXX.XX.
- 2.3.2 Объем V отображается в м 3 . Формат отображения объема также определяется параметром **Gmax** «Верхняя эксплуатационная граница расхода». Возможные варианты представления объема представлены в таблице 9.

Таблица 9	Ta	бл	ИЦ	а	9
-----------	----	----	----	---	---

Порядок параметра	Формат числа на ин-	Вес младшей едини-		
Gmax	дикаторе	цы, м ³		
XXXXX.X	XXXXXXXXX	10		
XXXX.X	XXXXXXXXXX.	1		
XXX.X	XXXXXXXXXXX	0,1		
XX.X	XXXXXXXXXX	0,01		
X.X	XXXXXXX.XXX	0,001		

Если в процессе эксплуатации возникает необходимость изменить показатель степени шкалы измерения, то для корректности учета необходимо завершить подсчет объема жидкости при прежней шкале, и только после перепрограммирования шкалы начать учет с существующего значения, приняв его за начальный уровень.

- 2.3.3 Время сети и время наработки отображается в часах. При горящем светодиоде «ДИАГНОСТИКА» (при отказе канала расхода) для данного канала время наработки не вычисляется.
- 2.3.4 При использовании US800 в двухлучевом исполнении имеются некоторые особенности.

При двухлучевом исполнении US800 в комплект может входить до 2-х УФ (двухлучевых). При этом УФ с адресом 1 присваивается 1 и 3 канал измерения расхода на БИ, а с адресом 2 соответственно 2 и 4 канал. При этом при переходе в режим ХОРДА (параметр №009=1) в режиме просмотра текущих параметров и ар-

хивных записей остается только два расхода, счетчика и времени наработки соответственно для первого и второго трубопровода. При этом расход вычисляется как среднее значение по 1, 3 и 2, 4 каналам измерения расхода соответственно.

Если какой-либо канал находится в отказе, он не участвует в вычислении среднего значения, а расход по трубопроводу принимается равным расходу в исправном канале. Времена наработки В1, В2 при этом продолжают вычисляться, а счетчики расходов по трубопроводам накапливать расход. Работоспособность каналов в отдельности можно наблюдать на единичных индикаторах передней панели.

В режиме отладки есть возможность просмотра расхода для каждого канала в отдельности. Также в режиме отладки есть возможность просмотра времен наработки ВЗ, В4. Причем они рассчитываются следующим образом: при исправности обоих каналов хорды (например каналов 1 и 3) идет время наработки ВЗ, а время В1 идет даже при исправности одного из каналов (1 или 3). Аналогично рассчитываются времена наработки В2, В4 для каналов 2 и 4 хорды.

В режим отладки прибор переходит, если установить параметр №58=1. Структура меню режима отладки представлена на Рисунке 13.

2.4 Подготовка к работе

Подготовка US800 к работе включает в себя ввод программируемых параметров и опробование его в комплексе.

2.4.1 Программируемые параметры БИ

Обычно программирование параметров производится при производстве расходомеров. Но в некоторых случаях от потребителя может потребоваться ввод или изменение параметров:

- при поставке US800 в комплекте без УПР (изготовление УПР осуществляется на трубопроводе);
- при необходимости изменения диапазонов выходных сигналов, отображения информации на индикаторе;
- при определении коэффициента коррекции на месте эксплуатации;
 - при проведении поверок;

• при необходимости изменения параметров работы в промышленной сети RS485 и т.д..

Ввод программируемых параметров осуществляется с помощью клавиатуры на лицевой панели БИ.

Внимание: при изменении любого параметра после сохранения изменений меняется контрольная сумма параметров (КСП) прибора, что означает нарушение электронной пломбы прибора (см. далее).

Параметры каналов измерения и их назначение приведены в таблице 11.

- 2.4.2 Порядок программирования
- 2.4.2.1 Вход в режим просмотра и редактирования программируемых параметров осуществляется одновременным нажатием кнопок "ОТМЕНА" и "ВВОД". На экране появится надпись "1. Редактирование параметров". Схема режима представлена на рисунке 13.

Вход в редактирование параметров осуществляется нажатием кнопки "ВВОД". Перемещение по списку параметров осуществляется при помощи кнопок "ВВЕРХ" и "ВНИЗ" (на одну позицию), а также "ВЛЕВО" и "ВПРАВО" (на десять позиций). Для изменения значения параметра необходимо нажать кнопку "ВВОД". Изменение значения любого параметра осуществляется поразрядно. Разряд, изменяемый в данный момент, мигает. Изменение значения разряда осуществляется нажатием кнопок "ВВЕРХ" и "ВНИЗ". Для изменения других разрядов параметра необходимо нажать кнопки "ВЛЕВО" и "ВПРАВО". Фиксация измененного значения параметра осуществляется нажатием кнопки "ВВОД".

Значение программируемых параметров в состоянии поставки указывается в паспорте на расходомер.

2.4.2.2 Для того, чтобы осуществить изменения параметров, в первую очередь необходимо ввести пароль на изменение (№001), иначе параметры будет доступны только для просмотра.

Пароль задается при изготовлении. Он указывается в паспорте на расходомер. В случае утери паспорта и пароля необходимо обратиться на предприятие-изготовитель. Пароль исключает случайное изменение параметров, а также несанкционированное изменение параметров некомпетентными лицами.



Рисунок 13 Схема управления индикацией режима просмотра и редактирования программируемых параметров

Таблица 11

Формат отображения на индикаторе	Назначение параметров
Серийный номер №000= XXXXXX	Серий номер US800 (устанавливается при производстве).
Пароль на изм. №001= XXXXXX	Пароль на изменение программируемых параметров.
Пароль на обнул. №002= XXXXXX	Пароль на обнуление счетчиков объема, времени наработки и архивов.
Отчетный день №003= XX	Отчетный день для записи итоговых значений в архив за календарный месяц. Диапазон значений: от 1 до 27
Авт. переход час №004= Х	Включение автоматического перехода на зимнее/летнее время: 0 - выключен; 1 - включен.
Кол. УЗС каналов №005= Х	Количество используемых в данной конфигурации УЗС каналов. Диапазон значений: от 1 до 4.
Адрес сети №006= X	Сетевой адрес БИ для интерфейса RS-485. Диапазон значений: от 0 до 255
Скорость обмена №007= Х	Скорость обмена БИ по RS-485: 0 -115200 бод/с; 1 -57600 бод/с; 2 -38400 бод/с; 3 -19200 бод/с; 4 -9600 бод/с; 5 -4800 бод/с; 6 -2400 бод/с; 7 -1200 бод/с.
DCON №008= X	Режим передачи данных по RS-485: 0 - считывание архивов; 1 - передача данных по протоколу DCON (MODBUS).
Хорда №009= X	Установка режима измерения в ИБ: 0 - однолучевой; 1 - двухлучевой (1-й УПР – 1 и 3 каналы расхода, 2-й УПР – 2 и 4 каналы расхода).

Формат отображения на индикаторе	Назначение параметров				
Параметры канала изменения расхода					
G1 макс., м³/час №010= XXXXX.X	Шкала - верхняя эксплуатационная граница расхода для данного трубопровода. При превышение текущим расходом значения G1макс . расход устанавливается равным значению G1макс .				
G1 мин., м³/час №011= XXXXX.XX	Уровень отсечки - нижняя эксплуатацион- ная граница расхода для данного трубо-				
Контроль Вых N1 №012= X	Контроль выходных сигналов выход 1. 0 – в начале диапазона (0 Гц и 4 мА); 1 – в 1/4 диапазона (250 Гц и 8 мА); 2 – в 1/2 диапазона (500 Гц и 12 мА); 3 – в 3/4 диапазона (750 Гц и 16 мА); 4 – в конце диапазона (1000 Гц и 20 мА).				
Вн. диаметр ,мм №013= XXXX.XX	Внутренний диаметр УПР в зоне установки ПЭП.				
База датчиков,мм №014= XXXX.XX	Расстояние между излучающими торцами ПЭП.				
Усреднение, с №015= 10	Постоянная времени усреднения измерения расхода. Диапазон значений: от 1 до 99.				
Смещение нуля, нс №016= XXXX.XX	Смещение нуля измерительного канала. Значение, компенсирующее асимметрию измерительных трактов канала расхода. Устанавливается автоматически при проведении автокоррекции.				

Формат отображения на индикаторе	Назначение параметров
Длина кабеля, м №017= XXX.XX	Длина кабеля, соединяющего каждый ПЭП с УФ.
Коэфф.коррекции №018= X.XXXXX	Коэффициент коррекции УПР. Учитывает характер течения теплоносителя в УПР и расположение измерительного луча относительно сечения.
Задержка ПЭП,мкс №019= X.XXX	Задержка сигнала в УЗ датчике. Устанавливается на производстве.
№020№029	Аналогично №10№19 для второго канала измерения расхода
№030№039	Аналогично №10№19 для третьего канала измерения расхода
№040№049	Аналогично №10№19 для четвертого канала измерения расхода
Вес имп.N1, л/имп №050=XXXXX.XX	Вес импульса выхода 1. Определяет, при каком накоплении объема происходит выдача на частотно-импульсный выход 1 очередного импульса. При значении параметра, отличным от нуля, выход переходит в импульсный режим.
Вес имп.N2, л/имп №051=XXXXX.XX	Аналогично для выхода 2.
Вес имп.N3, л/имп №052=XXXXX.XX	Аналогично для выхода 3.
Вес имп.N4, л/имп №053=XXXXX.XX	Аналогично для выхода 4.

Формат отображения на индикаторе	Назначение параметров
Ток 1 вых1, мА №054= XX.XXXX	Калибровочный коэффициент токового выхода в начале диапазона (токовый выход 1). Заполняется при производстве.
Ток 2 вых1, мА №055= XX.XXXX	Калибровочный коэффициент токового выхода в конце диапазона (токовый выход 1). Заполняется при производстве.
№056, №057	Аналогично №054, №055 для токового выхода 2.
Режим отладки №058	Позволяет просматривать внутренние параметры УФ, а также расход по каждому каналу в двухлучевом исполнении. Используется при настройке. 0 - выключен, 1 – включен.
Окно УЗС1 , мкс №060= XXXX	Время блокировки приемного тракта первого канала измерения расхода на интервале распространения ультразвукового импульса. Стандартная установка: 20 мкс.
№061№063	Аналогично №060 для второго, третьего, четвертого каналов измерения расхода
Ширина УЗС1 №064= Х	Ширина импульса возбуждения ПЭП, установленных в тракте канала измерения расхода. Зависит от резонансных свойств применяемых ПЭП. Для ПЭП3-4 - 1; ПЭП6-3 - 0.
№065№067	Аналогично №064 для второго, третьего, четвертого каналов измерения расхода
Напряжение УФ1 №068= X	Напряжение ультразвуковых импульсов, выдаваемых УФ с адресом 1: 0 – 18 B; 1 – 24 B; 2 – 30 B; 3 -36 B; 4 – 42 B; 5 – 48 B.

Формат отображения на индикаторе	Назначение параметров	
№069№071	Аналогично для УФ2, УФ3, УФ4	
Режим счетчика 1 №072= X	Режим работы счетчика объема 1: 0- по модулю (по умолчанию); 1 – только в одном направлении; 2 – реверс; 3 – реверс с отключением выходов при реверсе.	
№073№075	Аналогично для счетчика 2, счетчика 3, счетчика 4	
Индекс ток. вых. 1 №076= Х	Определяет, какой параметр передается на токовый выход 1: 1- расход по каналу 1; 2- расход по каналу 2; 3- расход по каналу 3; 4- расход по каналу 4.	
Индекс ток. вых. 2 №077= X	Аналогично для токового выхода 2.	

- 2.4.3. Функции параметров программирования.
- 2.4.3.1 Параметр **G1макс**, кроме отображение расхода и объема на индикаторе, также определяет диапазон частотных и токовых сигналов.

При расходе меньше **G1мин** (меньше уровня отсечки) выходы принимают минимальное значение (0 Гц и 4 мА), а при расходе, равном и больше **G1макс** – максимальное значение (1000 Гц и 20 мА).

При выпуске US800 в комплекте с УПР параметр **G1макс** устанавливаются в соответствии с картой заказа. При отсутствии

карты заказа данные параметры устанавливаются в зависимости от диаметра УПР по таблице 2.

- 2.4.3.2 Параметр **«Коэффициент коррекции»** Он может определяться (уточняться) при необходимости для минимизации погрешности:
- на основе данных, полученных путем пропуска известного объема жидкости через УПР (проливки) по методике, изложенной в Части 2 настоящего руководства;
- расчетным путем по данным геометрических размеров однолучевого УПР, состояния его внутренней поверхности и свойств измеряемой жидкости по методике, изложенной в Части 3 настоящего руководства;
- для двухлучевого исполнения (измерение по хордам в УПР) коэффициент коррекции программируется равным 1,1547*tgα (угла наклона ПЭП к оси трубопровода).
- 2.4.3.3 Параметры «Окно УЗС» (№№060...063) служит для увеличения помехоустойчивости каналов измерения. Окно блокирует приемный тракт на время распространения ультразвукового импульса. Оно не должно быть больше минимального времени распространения ультразвукового импульса для данного УПР. Изменение этого параметра рекомендуется в исключительных случаях, когда не удается добиться стабильной работы исправного канала измерения на фоне очень сильных помех.
 - 2.4.3.4 Задание режима работы частотного/импульсного выхода.

Частотно-импульсный выход по умолчанию установлен в частотный режим с частотой следования импульсов пропорционально текущему расходу в диапазоне 0 -1000 Гц. Чтобы перевести частотный выход в режим формирования импульсов соответствующего веса следует установить параметры №050...№053 для соответствующих выходов.

В общем случае вес импульса можно рассчитать по формуле $\mathbf{B}_{\mathsf{имп}} = \mathbf{Q}_{\mathsf{max}} / \mathbf{3}, \mathbf{6}^* \mathbf{f}_{\mathsf{max}}$, где $\mathbf{Q}_{\mathsf{max}} - \mathsf{максимальный}$ расход, указанный в параметре **Gмакс** для данного канала, м³/ч; $\mathbf{f}_{\mathsf{max}} - \mathsf{максимальная}$ частота частотного / импульсного выхода (для US800 $\mathbf{f}_{\mathsf{max}} = 1000 \ \Gamma$ ц)

Чтобы перевести выход обратно в частотный режим, следует установить в параметрах №050...№053 нулевые значения.

2.4.3.5 Токовый выход и его калибровка

US800 может иметь два токовых выхода. Параметрами №076, №077 можно задать параметр, выдаваемый на данный токовый выход.

Во всех US800, выпускаемых из производства, токовые выходы откалиброваны. Если в процессе эксплуатации, при проведении очередной поверки или после ремонта возникает необходимость повторить калибровку, это можно осуществить следующим образом.

- подключить в соответствии с схемой приложения Б к токовому выходу 1 миллиамперметр;
- вывести на индикацию параметр №054. Нажать «ВВОД». Считать значение тока с миллиамперметра и установить его в параметре №054;
- перейти к параметру №055. Считать значение тока с миллиамперметра и установить его в параметре №055;
 - аналогичным способом откалибровать токовый выход 2;
- выйти из режима программирования с сохранением параметров;
- проконтролировать значения сигналов на токовых выходах в окне параметра «Контроль выходных сигналов».
- 2.4.3.5 Параметр «Напряжение УФ» существенно влияет на работу ультразвукового канала. Изменять его можно только в обоснованных случаях, убедившись, что изменение приводит к более надежной и стабильной работе прибора. После изменения данного параметра обязательно повторить автокоррекцию.

Стандартным напряжением, используемым для ультразвуковых датчиков, используемых в US800, является напряжение 24 В. Однако, в некоторых случаях, при больших диаметрах УПР, вязких жидкостях или жидкостях, которые поглощают ультразвук значительно интенсивней воды, этого оказывается недостаточно. В этом случае требуется увеличение напряжения. Однако следует учитывать, что при меньших напряжениях УЗ импульсов обычно ультразвуковой канал работает более стабильно. Также многое зависит от передаточной характеристики конкретного типа датчика: при увеличении напряжения может не происходить линейного увеличения мощности приемного сигнала.

В общем случае, если при значении параметра «Напряжения УФ» по умолчанию не удается добиться надежной и стабильной работы измерительного канала, возможна подстройка оптимального напряжения УФ на месте в конкретных условиях. При этом нужно помнить, что данный параметр вступает в силу после сохранения и сброса БИ. В процессе подстройки необходимо использовать «Режим просмотра текущих параметров», описанный далее. Необходимо следить за «Качеством сигнала», за «Запасом АРУ» (чем больше запас АРУ, тем более надежно прибор будет принимать сигнал при ухудшении условий), а также за параметром «Разность времен» настраиваемого канала. Обычно с увеличением напряжения запас АРУ увеличивается, но может ухудшиться качество сигнала, а разность времен может существенно отличаться от измерения к измерению.

Нужно подобрать такое напряжение, чтобы осуществлялся надежный прием сигнала (достаточно запаса АРУ около 60%), качество сигнала было равным или близким к 100%, а параметр «Разность времен» совершал незначительные колебания относительно среднего значения.

2.4.4 Сохранение параметров и электронная пломба

После редактирования всех параметров необходимо вернуться в подменю (рисунок 13) нажатием кнопки "ОТМЕНА". Для сохранения измененных параметров необходимо выбрать пункт меню "2 Запись параметров в ПЗУ" и нажать "ВВОД". Появится надпись "Идет запись", после чего изменение параметров будет сохранено в энергонезависимой памяти. Иначе измененные значения параметров будут действовать только до первого выключения БИ или сброса. Некоторые наиболее важные параметры вступают в силу только после сохранения и сброса.

В пункте меню "3. Работа" указывается число КСП - контрольная сумма параметров. Данное число является электронной пломбой прибора, заменяющей по своим функциям обычную физическую пломбу, которую обычно имеют приборы учета. Обычно такая пломба закрывает доступ к передней панели прибора, она исключает несанкционированное изменение параметров, влияющих на измерения.

После любого редактирования параметров КСП изменяется. В вычисление данного числа, кроме самих параметров, входит также время и дата последнего изменения, поэтому данное число изменится ("пломба" будет повреждена), даже если какой-либо параметр был изменен, а потом был осуществлен возврат к предыдущему значению.

2.4.5 Опробование

Опробование выполняется после завершения всех монтажных работ и корректного программирования параметров БИ.

- 2.4.5.1 Заполнить трубопровод в месте установки УПР водой и провести опрессовку пробным давлением 1,5 P_{pa6} для данного трубопровода. Визуально проверить герметичность сварных швов и соединений. При обнаружении течи во фланцевых соединениях УПР с трубопроводом, подтянуть гайки на болтах до её устранения.
- 2.4.5.2 Включить БИ. Через время не более 10 секунд после включения питания US800 должен перейти в режим работы.

Убедиться в работоспособности US800 по комбинациям световых сигналов светодиодов «НОРМА» и «ДИАГНОСТИКА» и цифровой индикации. Количество диагностируемых каналов определяется в программируемом **параметре №005** «Количество УЗС каналов».

В случае неисправности диагностируемого канала загорается красный светодиод напротив номера неисправного канала. Причиной неисправности может быть как отсутствие связи с УФ, так и неисправность канала измерения расхода (описывается ниже).

СОСТОЯНИЕ СВЕТО- ДИОДА «НОРМА»	СОСТОЯНИЕ КАНАЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ
Горит ровным светом	Все диагностируемые каналы работо- способны
Мигает	Хотя бы один канал неработоспособен
Не горит	Ни один диагностируемый канал не ра- ботоспособен или не заданы диагно- стируемые каналы

Установить в системе поток жидкости с возможно максимальным значением расхода длительностью не менее 3-5 минут. Затем расход можно уменьшить и прогнать в таком режиме систему еще 15-20 минут. Во время этого проконтролировать изменения расходов G1...G4 в каждом трубопроводе.

По истечении указанного выше времени следует остановить поток и перекрыть запорной арматурой участки, на которых установлены УПР. Трубопроводы следует перекрывать так, чтобы УПР оставались полностью заполненными жидкостью, а запорная арматура не должна допускать движение жидкости на участках с УПР.

При соблюдении данных условий можно приступать к проверке смещения нуля и (при необходимости) его компенсации для каналов измерения расхода. Это выполняется следующим образом.

Проверить по показаниям индикатора значения расхода в каждом трубопроводе. Как правило, если US800 укомплектован УПР на предприятии-изготовителе, то компенсации смещения нуля выполнена при изготовлении и на объекте не требуется. Если по каким-либо причинам значения расходов на индикаторе отличаются от нуля, то необходимо произвести автокоррекцию: установить в параметре "Смещение нуля" значение, компенсирующее эти отклонения. Для этого следует:

- войти в режим "1.Редактирование Параметров";
- выбрать параметр "Смещение нуля" из группы параметров соответствующего канала измерения расхода;
- находясь в окне параметра "Смещение нуля" нажать "ВВОД", а затем одновременно кнопки "ВЛЕВО" и "ВПРАВО" и удерживать их, при этом можно наблюдать автоматическую установку компенсирующего значения в наносекундах;
- когда изменение значения прекратится, по крайней мере в первом знаке после запятой, кнопки можно отпустить.

Выполнить данную процедуру во всех каналах измерения расхода, для которых она необходима. Выйти затем в режим "2. Запись параметров в ПЗУ" и сохранить установленные значения в энергонезависимой памяти.

Перейти в режим просмотра текущих параметров. Выждать 40-60 секунд до установки значения измеряемого расхода на цифровом индикаторе. Если значение измеряемого расхода отличается

от нуля, то провести автоматическую компенсацию смещения нуля повторно.

Число, компенсирующее смещение нуля, можно посмотреть или изменить при необходимости в параметре **«Смещение нуля»** для данного канала.

До сдачи в эксплуатацию рекомендуется дополнительно опробовать US800 в течении нескольких дней. За это время необходимо убедиться, что все параметры и эксплуатационные ограничения расхода установлены правильно

2.5 Ввод в эксплуатацию и работа US800

При вводе US800 в эксплуатацию необходимо выполнить следующее:

- внести в паспорт US800 введенные в БИ значения эксплуатационных ограничений, параметры УПР, другие параметры;
- произвести обнуление счетчиков объема, времени наработки и архивов.

Обнуление производится следующим образом:

- войти в режим "1.Редактирование параметров";
- выбрать параметр №002, ввести пароль на обнуление **654321** и нажать кнопку "ВВОД". При завершении процедуры обнуления значение параметров примут нулевые значения;
- выбрать пункт меню " **3. Работа**". Для защиты от несанкционированного вмешательства в работу ИБ записать значение КСП в паспорт (произвести "опломбирование"). При необходимости можно опломбировать ответные части разъемов для предотвращения их несанкционированной разборки;
- нажать "ВВОД" для ввода в режим просмотра текущих параметров.
- Во время эксплуатации пользователь имеет возможности (без повреждения "пломбы") только для просмотра программируемых параметров.
 - 2.5.1 Режим просмотра параметров УЗС.

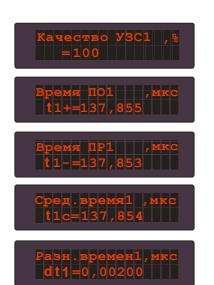
Периодическое возникновение отказа канала измерения расхода (загорание красного светодиода с номером неисправного канала на передней панели БИ) может быть связано с неполным заполнением трубопровода жидкостью, большим количеством газо-

вых и твердых включений в жидкости, свойствами жидкости, загрязнением поверхности датчиков, плохим контактом или обрывом в кабеле и т.д. Проконтролировать параметры ультразвукового сигнала (УЗС) можно в режиме просмотра параметров УЗС.

Для этого необходимо, находясь в режиме просмотра текущих параметров, нажать кнопку "ПАРАМ". Перемещение по параметрам осуществляется при помощи клавиш "ВВЕРХ" и "ВНИЗ". Далее аналогично для УЗС2, УЗС3, УЗС4.

Параметр «Качество УЗС» показывает процент верных данных от их общего числа, полученного на интервале измерения. При отказе канала измерения расхода качество УЗС равно 0.

При отсутствии связи между БИ и УФ появляется надпись «Качество УЗС=nc». Причиной может быть обрыв линии связи, отсутствие питания УФ или неисправность УФ. Наличие питания УФ и связи по сети расходомера можно контролировать со стороны УФ в процессе настройки при снятой крышке УФ по светодиодам на плате УФ (см. приложение В).



Количественная оценка достоверности измерений.

Время распространения УЗ импульсов по потоку, t_1 по формуле 1.

Время распространения УЗ импульсов против потока, t₂ по формуле 2.

Среднее время распространения УЗ импульсов, равное полусумме времен распространения УЗ импульсов по потоку и против потока.

Разность Δt между временами прохождения УЗ импульсов по потоку и против него.

Светодиод «ПРИЕМ» горит при наличие питания и целостности линии связи и гаснет при приеме посылки. Светодиод «ПЕРЕ-ДАЧА» загорается, когда УФ посылает ответ после приема корректной посылки от БИ с нужным адресом.

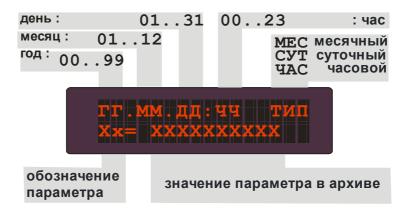
Параметр t1c= ($t_1 + t_2$)/2 может служить для определения базы датчиков (расстояния между торцами ПЭП) по формуле 6, если известна температура жидкости и скорость ультразвука в ней при нулевом расходе в УПР.

По значению Δt можно определить смещение нуля канала измерения при отсутствии потока через УПР, а также ориентировочно расход при наличии потока.

Отказы в каждом канале измерения также необходимо контролировать по параметрам времен наработки (В1...В4) и времени включенного состояния БИ (Тс). Несоответствие времени наработки между двумя очередными проверками работоспособности времени сети свидетельствует о наличии отказов на данном интервале времени. Необходимо просмотреть архивные данные за этот период и определить, когда возникали отказы.

2.5.2 Просмотр архивов

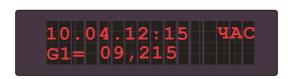
Для перехода в режим просмотра архивов необходимо в режиме просмотра текущих параметров нажать кнопку "АРХИВ". Формат отображения записи в архиве в общем случае имеет вид:



Для просмотра интересующей архивной записи следует установить соответствующие ей атрибуты в информационных полях. Мигающий в данный момент атрибут можно изменять кнопками "ВВЕРХ" и "ВНИЗ". Переход к изменению следующего атрибута производится кнопками "ВЛЕВО" и "ВПРАВО".

Например, требуется просмотреть архивную запись параметра "часовой расход в трубопроводе №1" от 12.04.10 за время с 15 до 16 часов. Для этого:

- в режиме просмотра текущих параметров нажать кнопку "APXИВ" :
- в поле ТИП устанавливаем ЧАС;
- в полях ГГ.ММ.ДД:ЧЧ последовательно устанавливаем 10.04.12:15;
- в поле обозначения параметра устанавливаем Т1. В результате окно индикатора примет вид:



Выход из режима просмотра архивов осуществляется повторным нажатием кнопки "АРХИВ".

2.5.3 Вывод данных на внешние устройства

Вывод данных с БИ на внешние устройства осуществляется по цифровому интерфейсу RS-485. Имеется два режима передачи данных: чтение архивов и передача данных по протоколу DCON (MODBUS).

а) Чтение архивов (параметр №008 DCON=0)

К интерфейсу RS-485 ИБ на месте эксплуатации или удаленно может подключаться ноутбук (персональный компьютер) или модем через преобразователь интерфейса (конвертер) RS232/RS485 ICPDAS I-7561 или аналогичный. Для работы на ПК требуется запустить программу "FlowMeters". Данную программу с описанием можно взять на CD-диске, входящем в комплект постав-

ки, или скачать с сайта www.encont.ru. Данная программа позволяет произвести чтение и сохранение архивов, также возможно чтение и сохранение параметров, а также записать время ПК в прибор (откорректировать ход часов в приборе и синхронизировать его время с ПК). Также есть возможность запуска «Монитора текущих значений», виртуального прибора с отображением текущих показаний расходомера в реальном времени.

б) Передача данных по протоколу DCON (MODBUS)

Цифровой интерфейс RS-485 обеспечивает коммуникационную функцию US800 в составе промышленной сети, позволяющей объединять US800 в единую систему с верхним уровнем. В качестве верхнего уровня могут выступать различные микропроцессорные устройства (компьютер, контроллер, и т.п.). Протокол обмена данными совместим с протоколами DCON и MODBUS. В сети US800 можно осуществлять съем расхода по каждому трубопроводу в цифровом виде для диспетчеризации на уровне SCADA систем.

Подробное описание построения сети, а также протокол обмена при работе по протоколу DCON и MODBUS можно найти в документе «Подключение расходомера US800-4 к сети RS485», который можно найти на CD-диске или скачать с сайта www.encont.ru.

2.5.4 Установка времени и даты

Для того, чтобы установить (откорректировать) время и дату с клавиатуры, нужно в режиме просмотра текущих параметров выйти в окно индикации времени и даты, и нажать кнопку "ЧАСЫ" в течение времени не менее 5 с.

В данном режиме можно последовательно откорректировать время (часы, минуты, секунды) и дату (год, месяц, число) прибора. Мигающий в данный момент атрибут можно изменять кнопками "ВВЕРХ" и "ВНИЗ". Переход к изменению следующего атрибута производится кнопками "ВЛЕВО" и "ВПРАВО".

После установки времени и даты повторно нажать кнопку "ЧАСЫ". Прибор вернется в режим просмотра текущих параметров.

Также можно откорректировать время и дату по интерфейсу при помощи программы "FlowMeters".

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие указания

При проведении технического обслуживания необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в п.2.1.2.

Расходомер не требует специального обслуживания, кроме текущего. Текущее обслуживание заключается в следующем :

- контроль условий эксплуатации;
- проверка работоспособности компонентов расходомера;
- проверка УПР на отсутствие течи в местах соединения с трубопроводами;
 - целостность и надежность соединения разъемов;
- проверка сохранности пломбирования на компонентах расходомера.

Периодичность текущего обслуживания устанавливается на месте, в зависимости от условий эксплуатации, но не реже одного раза в неделю.

He реже одного раза в год проводить очистку компонентов расходомера от пыли и грязи.

4 ΠΟΒΕΡΚΑ US800

4.1 US800, применяемые в сферах, подлежащих государственному регулированию обеспечения единства измерений, подлежат первичной и периодической поверкам. Поверку осуществляют лица, аккредитованные в области обеспечения единства измерений согласно указаниям ПР 50.2.006-94:

исполнения R – по **Части 2** настоящего руководства; **исполнения P** – по **Части 3** настоящего руководства.

US800 **исполнения N** проходят калибровку по **Части 2** и по **Части 3** настоящего руководства.

- 4.2 Межповерочный интервал 4 года.
- 4.3 **Исполнения R** и **P** заверяются в паспорте на US800 подписью и штампом (личным клеймом) лица, аккредитованного в области обеспечения единства измерений.

5. ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

5.1 Перечень возможных неисправностей возникающих после монтажа или во время работы приведен в таблице 12.

Таблица 12

F		
Наименование неисправно- сти, внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
При включении ЭБ не светится ни ЖКиндикатор, ни светодиоды	Неисправен источник питания Обрыв кабеля питания БИ Замыкание в сети питания УФ	Заменить источник питания Проверить соединение
Отсутствие связи в про- мышленной сети RS485	Неверные настройки: адрес, скорость передачи, режим передачи данных	Проверить настрой- ки прибора и при- емного оборудова- ния
Отказ по кана- лу расхода – «Качество УЗС=nc»		Проверить соеди- нение
Отказ по кана- лу расхода – «Качество УЗС=0»	Отсутствие жидкости в УПР Отсутствие контакта в разъемах или кабеле Неисправны ПЭП	Заполнить трубопровод Проверить соединение Заменить ПЭП

Качество УЗС менее 65%	ПЭП расположены не строго друг против друга («кривой» измерительный луч) Большое количество газообразных включений Кавитация, вспенивание, посторонние примеси Загрязнение или воздушные пузырьки на поверхности ПЭП	Проверить и перемонтировать УПР Удалить газ из системы, принять меры по предотвращению газообразования Проверить длину прямолинейных участков Очистить датчики
	C1411311	,

5.2 Если перечисленные в таблице 12 методы не приводят к устранению неисправности, US800 подлежит ремонту, замене на предприятии – изготовителе или его сервисном центре. Ремонт по гарантии осуществляется в течение 18 месяцев с момента ввода в эксплуатацию, но не более 24 месяцев со дня изготовления.

Адрес предприятия - изготовителя:

ООО «НПП ЭНКОНТ»

Россия, Чувашская Республика, 428017

г. Чебоксары, ул. Урукова, 17А

эл. почта: encont@yandex.ru т/ф. (8352) 45-81-35.

или:

ООО "Эй Си Электроникс"

Россия, Чувашская Республика, 428017

г. Чебоксары, ул. Гузовского, 13А

эл. почта: us800@mail.ru т/ф. (8352) 45-81-12.

6 ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ

6.1 Транспортирование US800 осуществляется в упаковке, обеспечивающей его сохранность, и может производиться любым видом крытого транспорта на любое расстояние без ограничения скорости.

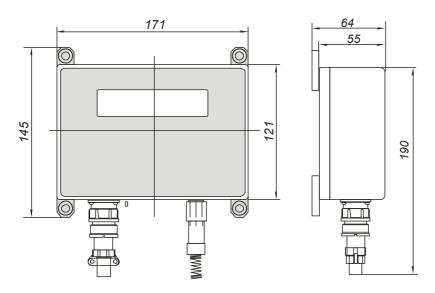
Транспортирование на самолетах должно производиться только в отапливаемых герметизированных отсеках.

Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортировании ящики не должны подвергаться резким ударам и воздействию атмосферных осадков.

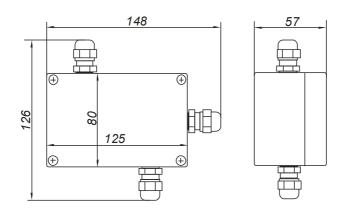
- 6.2 При получении ящиков с US800 следует убедиться в полной сохранности тары. При наличии повреждений следует составить акт в установленном порядке и обратиться с рекламацией в транспортную организацию.
- 6.3~US800~ должен храниться в сухом отапливаемом и вентилируемом помещении при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс $40^{\circ}C$ и относительной влажности от 30 до 80%. Воздух в помещении не должен содержать пыли и примеси агрессивных паров и газов.
- 6.4 US800 не содержит драгоценных металлов и других веществ, подлежащих обязательной утилизации.

US800 не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды после окончания срока службы (эксплуатации), и может подлежать утилизации по технологии, принятой на предприятии, эксплуатирующем US800.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Массогабаритные характеристики US800

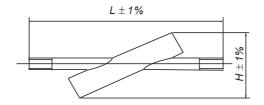


Масса БИ: не более 0.7 кг



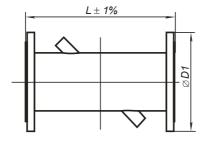
(хордовый вариант) Масса УФ : не более 0.5 кг

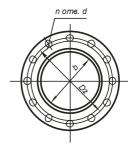
ПРИЛОЖЕНИЕ А (продолжение)





Условный проход	Габаритнь	іе и устано	вочные раз	вмеры, мм	Материал	Масса,кг	
, , , , , ,	D1	D2	а	Н	корпуса	inacca,ki	
ДУ 15	21	30	270	110		1,0	
ДУ 25	32	30	360	140	12X18H10T	1,5	



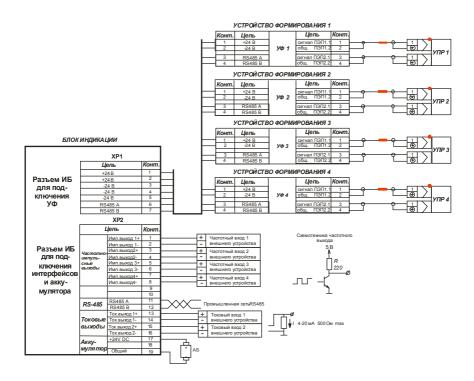


Фланец по ГОСТ 12820-80	Габари	Габаритные и установочные размеры, мм						Масса,кг
Условный проход	D 1	D2	L	b	d	n	корпуса	Maodajiii
ДУ 32	135	100	370					4,5
ДУ 40	145	110	370					5,2
ДУ 50	160	125	300		18	4		8
ДУ 65	180	145	330		'		12X18H10T	8
ДУ 80	195	160	330				12/10/11/01	12
ДУ 100	215	180	370			8	1	16
ДУ 150	280	240	400		22	"		29
ДУ 200	335	295	462	H				36
ДУ 250	405	355	650	факт		12		38
ДУ 300	460	410	700	Ф	26		l	45
ДУ 350	520	470	750			16	1	52
ДУ 400	580	525	800		30	10		70
ДУ 500	710	600	900		33	20	CT20	112
ДУ 600	840	770	1000		36	20		162
ДУ 700	910	840	1100		30	24		250
ДУ 800	1020	950	1200		39	24		400
ДУ 900	1120	1050	1300			28	I	500
ДУ1000	1255	1170	1400		45	20	J I	700
ДУ1200	1485	1390	1600		52	32]	
ДУ1400	1685	1590	1800					

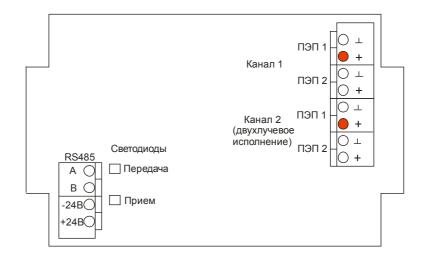
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема подключения US800

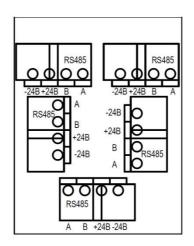
(без РК, питание через разъем ХР1 БИ)



ПРИЛОЖЕНИЕ В Расположение элементов коммутации и индикации на плате УФ



ПРИЛОЖЕНИЕ Г Расположение элементов коммутации на плате РК



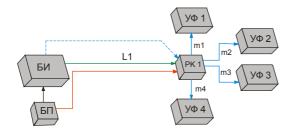
ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Варианты схем подключения US800

А) Наиболее простая схема - один УПР, РК отсутствует.



В) Наиболее распространенная и вероятная схема - БИ с БП размещены в помещении, где можно контролировать показания прибора, контролируемые объекты (до 4-х) размещены сравнительно компактно на определенном удалении. Необходимость прокладки силового провода ПВС от БП к РК зависит от расстояния до объектов L1и количества УФ (ориентировочные расстояния приведены в таблице). Считаем, что расстояния от РК к УФ т1...т4 сравнительно невелики (менее 100 м).



Допустимое расстояние, м
750
375
250
180

Если число УФ равно 4, а L1 превышает 700 м, то необходимо использовать провод ПВС большего сечения (вместо стандартного 0,75 мм использовать провод 1,5 мм).

Для справки:

суммарное сопротивление кабелей (плюсового и минусового) на 100 м, не более:

ParLan F/UTP Cat5e - 190m;

ПВС 0,75 мм - 5,2 Ом;

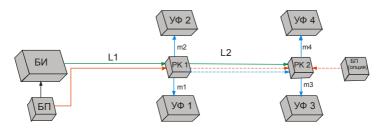
ПВС 1,5 мм - 2,6 Ом;

потребление УФ:

при напряжении питания 24 В - 40 мА;

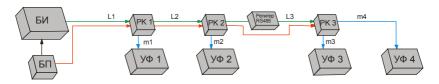
при напряжении питания 12 В - 80 мА.

С) Схема с двумя РК, когда объекты расположены группами на значительном удалении друг от друга.



Возможно, на участке 12 может не потребоваться прокладки кабеля питания (а подать питание по второй витой паре). Однако всегда после подачи питания необходимо тестером проконтролировать напряжение питания на каждом УФ. Напряжение питания не должно быть менее 1 28. Если напряжение оказывается меньше, необходимо будет пересмотреть схему - расположение РК и длины участков, проложить силовые провода для питания, увеличить сечение проводов. Также есть возможность несколько увеличить напряжение БП при помощи встроенной регулировки (до 27 В). Также можно запитать удаленную РК своим блоком питания 24 В (если есть такая возможность).

Д) Наиболее сложная (общая) схема, когда объекты значительно удалены друг от друга (200 м и более).



Возможно, на участке L3 (или даже L2)может не потребоваться прокладки кабеля питания (а подать питание по второй витой паре). Если суммарная длина сети RS485 от БИ до самого удаленного УФ превыщает 1200 м, необходимо использовать репитер RS485.

Обозначение: → кабель питания (ПВС)

кабель RS485 (ParLan F/UTP) - используется только

одна витая пара.

кабель RS485+питание (ParLan F/UTP) - используются

обе витые пары, по второй подается питание.

ЧАСТЬ 2

Настоящая часть руководства по эксплуатации расходомера - счетчика жидкости ультразвукового US800 (далее - US800), устанавливает порядок и методику проведения первичной и периодических поверок US800 на поверочных расходомерных эталонных установках.

US800, поверенные по данной методике, обеспечивают метрологические характеристики в соответствии с таблицей 1.

Таблица1

		Относительная погрешность при измерении, %		
Диапазон расхода	Диаметр условного прохода, мм; и исполнение УПР	расхода по индикатору и частотно- му выходу	расхода по токовому выходу	объема по индка- тору
Q _{min} - Q _P	15-150 однолучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5
	80-150 двухлучевой	± 1,0	± 1,5	± 1,0
Q _P – Q _{max}	15-150 однолучевой	± 1,0	± 1,0	± 1,0
	80 -150 двухлучевой	± 0,5	± 1,0	± 0,5

Межповерочный интервал - 4 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1При проведении поверки US800 должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

		Обязательность і	проведения операции
Наименование операции	Номер пункта	при первичной поверке	при периодической поверке
1 Внешний осмотр	5.1	Да	Да
2 Опробование	5.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик	5.3	Да	Да

Примечание - Для сокращения времени и снижения трудоемкости первичной поверки, целесообразно операции первичной поверки совмещать с приемо-сдаточными испытаниями, проводимыми Главным контролером предприятия - изготовителя.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

- 2.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений, указанные в таблице 3.
- 2.2 Допускается применение других средств поверки, с характеристиками не хуже, чем характеристики средств, указанных в таблице 3.
- 2.3 Все средства измерений, используемые при поверке US800, должны быть поверены и иметь соответствующие документы с отметками о действующей поверке.

Таблица 3

таолица э		
Наименова- ние операции	№ пунк- та по- верки	Средство поверки и его нормативно - технические характеристики
Опробование	5.2	Установка поверочная расходомерная эталонная Диапазон измерения расхода: 0,02-300 м³/ч Диаметры условных проходов поверяемых расходомеров - счетчиков от 15 до 150 Относительная погрешность: при измерении расхода эталонными расходомерами не более ± 0,3 %; при измерении эталонными мерниками не более ± 0,25 %; при измерении весами не более ± 0,15 %;
		Частотомер электронно-счетный типа GFC - 8131H Instek (GW) Диапазон измеряемых частот - от 0.01 Γ ц до 120 М Γ ц Максимальный уровень входного сигнала – 150 B (0-10 к Γ ц); 5 B (10к Γ ц – 120 М Γ ц) Погрешность измерения частоты \pm (10 ⁻⁶ + 1 ед. мл. разряда)
Определение метрологи- ческих ха- рактеристик	5.3	Вольтметр универсальный цифровой GDM-8245 Instek (GW) Погрешность измерения постоянного тока, % ± (0.2 + 2 ед. мл. разряда) Погрешность измерения постоянного напряжения, % ± (0,03 + 4 ед. мл. разряда)
		Термометр лабораторный ТЛ-18 Секундомер-таймер СТЦ-1, предел изме-
		рения 999 с
		Манометр MO-160-2,5 МПа 0,4

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

- 3.1 Поверители US800 должны иметь квалификационную группу по ПТЭ и ПТБ не ниже III для электроустановок до 1000 В.
- 3.2 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и руководствах по эксплуатации применяемых приборов.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, не противоречащие рабочим условиям эксплуатации US800, регламентированным в Части 1 настоящего руководства.

В этом случае должны соблюдаться условия эксплуатации поверочного оборудования.

УПР должен быть присоединен к трубопроводам поверочной установки с соблюдением требований эксплуатационных ограничений (Часть1 настоящего руководства).

Нестабильность потока не более 4%:

- 4.2 Для контроля условий поверки должны применяться следующие средства измерений:
- термометр с ценой деления не более 0,1°C, диапазоном измерения (0-50) °C;
- психрометр для измерения влажности в диапазоне от 30 до 80% с погрешностью не более ± 5 % при температуре (15-30) °C;
- барометр с диапазоном измерения давления (84-107) кПа с погрешностью не более 1 кПа;
- вольтметр переменного тока для измерения напряжения питания с диапазоном измерения 0-300 В и погрешностью не более ± 1,5%.
- 4.3 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:
 - определение состава поверителей;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке в формулярах средств измерений, используемых при поверке US800;
 - проверка наличия паспорта на поверяемый US800;

- подготовка к работе используемых средств измерений в соответствии с их эксплуатационной документацией и подключение к US800 согласно схеме внешних подключений.
- выдержка перед операциями поверки в нерабочем состоянии не менее 30 минут в условиях, указанных в 4.1, а затем во включенном состоянии при этих же условиях не менее 30 минут.
- градуировка для заданного диапазона изменения расхода в соответствии с методикой приложения А.

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверить комплектность и маркировку, наличие пломбирования, отсутствие видимых механических повреждений.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если установлено соответствие внешнего вида и состояния US800 требованиям эксплуатационной документации на него.

5.2 Опробование

При опробовании US800 устанавливается его работоспособность в соответствии с указаниями Части 1 настоящего руководства.

Произвести 2-3 пробных измерения, контролируя расход по показаниям эталонного и поверяемого расходомеров-счетчиков.

- 5.3 Определение метрологических характеристик
- 5.3.1 Определение относительных погрешностей при измерении расхода проводить в 3-х точках $Q_{\text{min}},\ Q_{\text{P}},\$ и $Q_{\text{max}}\$ для канала измерения.
- 5.3.1.1 Значения $Q_{min},\ Q_P$ выбираются по таблице 2 Части 1 настоящего руководства в соответствии с условным диаметром УПР из комплекта поверяемого US800.

 Q_{max} принимается равным заданной параметру Gмакс для данного канала расхода из паспорта на US800, либо максимальному значению для данного диаметра по таблице 2 Части 1 настоящего руководства.

Снять измеряемые значения расхода поверочной жидкости поверяемым US800 для каждой точки не менее 3-х раз по показаниям индикатора и показаниям частотомера и амперметра.

5.3.1.2 Относительную погрешность при измерении расхода по индикатору $\delta_{i_H}{}^j$ определить для каждой точки по формуле (1):

$$\delta_{iH}^{\ j} = \frac{Q_i^{\ j} - Q_{i\ o\delta p}^{\ j}}{Q_{i\ o\delta p}^{\ j}} \times 100 \ , \% \tag{1}$$

где:

 $\mathcal{Q}_{i}^{\,j}$ - значение расхода, снятое с индикатора поверяемого US800 в i -ой поверочной точке, при j - ом измерении, м 3 /ч;

 $Q_{i\ o\delta p}^{j}$ - значение расхода, снятое с эталонного расходомера – счетчика в i -ой поверочной точке, при j - ом измерении, м 3 /ч.

5.3.1.3 Относительные погрешности при измерении расхода по частотному выходу $\ \mathcal{S}_{F_{i}}^{\ j}$ определить по формуле (2):

$$\delta_{F_{i}^{j}}^{j} = \frac{s \times F_{i}^{j}}{1000} - Q_{i \text{ of } p}^{j}} \times 100 \text{ , } \%$$
 (2)

где:

s - шкала (параметр Gмакс) поверяемого US800, м³/ч;

 $F_i{}^j$ - частота, измеренная на частотном выходе поверяемого US800 в i -ой поверочной точке, при j - ом измерении, Гц;

 $Q_{i\ o\delta p}^{j}$ - значение расхода, снятое с эталонного расходомера — счетчика в i -ой поверочной точке, при j - ом измерении, м 3 /ч.

5.3.1.4 Относительные погрешности при измерении расхода по токовому выходу $\delta_{I_i}^{\ j}$ определить по формуле (3):

$$\delta_{I_{i}}^{j} = \frac{s \times (I_{i}^{j} - I_{0})}{\frac{\Delta}{Q_{i \text{ o}\delta p}^{j}}} \times 100, \%$$
 (3)

где:

s - шкала (параметр Gмакс) поверяемого US800, м³/ч;

 $I_i^{\ j}$ - значение тока, измеренное на токовом выходе поверяемого US 800 в i -ой поверочной точке, при j - ом измерении, мА;

 I_0 - значение сигнала на токовом выходе, соответствующее нулевому значению расхода, (равное 4 мА);

 Δ - диапазон изменения сигнала на токовом выходе, (16 мА);

 $Q_{i\ o\delta p}^{j}$ - значение расхода, снятое с эталонного расходомера – счетчика в \emph{i} -ой поверочной точке, при \emph{j} - ом измерении, м 3 /ч.

Принять за относительные погрешности измерения расхода US800 по индикатору, частотному выходу и токовому выходу максимальные значения погрешностей подсчитанных по формулам 1, 2 и 3 соответственно.

- 5.3.2 Определение относительной погрешности при измерении объема проводить в точке Q_{max} .
- 5.3.2.1 Продолжительность процесса измерения установить такой, чтобы количество прошедшей через УПР жидкости соответствовало объему, составляющего не менее 500 единиц младшего разряда индикатора US800.
- 5.3.2.2 Измерения объема по индикатору провести не менее 3-х раз по следующей методике:
- установить расход жидкости в м³/ч через УПР, соответствующий точке Q_{max} ;
- вывести на индикацию счетчик объема соответствующего канала измерения;
- в момент смены младшего разряда цифрового индикатора начать процесс измерения объема по образцовому расходомеру счетчику и по поверяемому US800, зафиксировав начальное значение объема $V_{\rm unit}$ в м 3 ;

• по истечении времени, необходимого для процесса измерения, в момент смены младшего разряда на индикаторе поверяемого US800 зафиксировать $V_{кон}$ и значение объема $V_{oбp}$ в м³ по образцовому расходомеру – счетчику.

Относительные погрешности измерения объема $\, {\cal S}_{V}^{\ \ \, j} \,$ определить по формуле (4):

$$\delta_{V}^{j} = \frac{(V_{\kappa o h}^{j} - V_{ha^{q}}^{j}) - V_{o \delta p}^{j}}{V_{o \delta p}^{j}} \times 100, \%$$
 (4)

где:

 $V_{_{\!\scriptscriptstyle KOH}}^{j}$ - значение объема, снятое в конце процесса измерения с индикатора поверяемого US800 при $\,j$ - ом измерении в $\,{\rm M}^3;$

 $V^{j}_{\it oбp}$ - значение объема за процесс измерения, снятое с образцового расходомера — счетчика в м 3 .

Принять за относительную погрешность измерения объема по индикатору US800 максимальную из погрешностей, рассчитанных по формуле (4).

- 5.3.2.3 Измерения объема по импульсному выходу провести не менее 3-х раз по показаниям частотомера в режиме счета импульсов следующим образом:
- установить расход жидкости через УПР, соответствующий точке Q_{max}:
- вывести на индикацию счетчик объема соответствующего канала измерения;
- в момент смены младшего разряда цифрового индикатора запустить частотомер на подсчет импульсов и начать процесс измерения объема по образцовому расходомеру - счетчику;

• по истечении времени, установленному по п. 5.3.2.1, зафиксировать показания частотомера и значение объема по образцовому расходомеру - счетчику.

Значение объема Vu , подсчитанное поверяемым US800 определяется по формуле (5):

$$Vu = F_u \times N \tag{5}$$

где F_{II} - вес импульса, установленный в программируемом параметре «Вес импульса N» для данного канала;

N - количество импульсов, подсчитанных частотомером.

Относительные погрешности измерения объема по импульсному выходу $\delta_{v_{E}}^{\ j}$ определить по формуле (6):

$$\delta_{V}^{j} = \frac{V_{H} - V^{j}}{V^{j}_{o\delta p}} \times 100, \%$$
 (6)

Принять за относительную погрешность измерения объема по индикатору US800 максимальную из погрешностей, рассчитанных по формуле (6).

- 5.3.4 Повторить операцию поверки для каждого канала измерения расхода, входящего в комплект US800.
- 5.3.4 US800 считается годным к эксплуатации, если значения относительных погрешностей измерения расхода и объема находятся в пределах, указанных в таблице 1 по всем каналам.
- 5.3.5 При несоответствии определенных в процессе проведения поверки относительных погрешностей US800 таблице 1, допускается повторно провести градуировку по методике приложения A и провести поверку заново.

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУПЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Положительные результаты поверки оформляются записью в паспорте US800, заверенной подписью и штампом (поверительным клеймом) лица, аккредитованного в области обеспечения единства измерений (госповерителем).

Для исключения несанкционированного доступа к программируемым параметрам БИ US800 пломбируется путем считывания и занесения в паспорт значения КСП (контрольной суммы параметров) в специальном разделе паспорта US800, заверенной подписью и штампом организации (лица), осуществляющего пломбирование. Пломбирование осуществляется представителем независимой эксплуатирующей организации, госповерителем или иной организацией (лицом) по согласованию обеих сторон (поставщик-потребитель). После этого прибор допускается к эксплуатации с нормированной погрешностью.

В случае поставки US800 в полном комплекте с УПР пломбирование осуществляется на заводе-изготовителе.

- 6.2 При отрицательных результатах первичной поверки после выпуска из производства US800 возвращается изготовителю для устранения дефектов с последующим предъявлением на повторную поверку.
- 6.3 При отрицательных результатах периодической поверки US800 не допускается к эксплуатации. Выдается извещение о непригодности к эксплуатации и изъятии из обращения US800. Поверительные клейма гасятся.

ПРИПОЖЕНИЕ А

Методика градуировки US800

- 1. Градуировка производится перед проведением поверки при значениях расхода в точках Q_{min} , Q_P , и Q_{max} диапазона расхода соответствующего исполнению поверяемого US800.
- 2. Градуировку производить в режиме измерения по частотному выходу согласно схеме Приложения Б. Продолжительность измерения, обеспечивающую необходимую точность, определяется условием подсчета объема не менее 500 единиц младшего разряда индикатора частотомера.
- 3. Коэффициент коррекции перед градуировкой должен быть запрограммирован значением равным 1.
- 4. В каждой точке провести n измерений расхода (не менее 3-х раз). Для каждой точки определить:

$$K_{i_{\max}} = \frac{Q^{o\delta p}_{i_{\max}}}{Q_{i_{\max}}}, \qquad K_{i_{\min}} = \frac{Q^{o\delta p}_{i_{\min}}}{Q_{i_{\min}}}, \qquad K_{i_p} = \frac{Q^{o\delta p}_{i_p}}{Q_{i_p}},$$

где:

 $Q_{i_{\max}}$, $Q_{i_{\min}}$, Q_{i_p} - расходы поверочной жидкости, измеряемые US 800 при i - ом измерении в точках \mathbf{Q}_{\min} , \mathbf{Q}_{P} , и \mathbf{Q}_{\max} соответственно;

 $Q^{o \delta p}{}_{i \, {
m max}}$, $Q^{o \delta p}{}_{i \, {
m min}}$, $Q^{o \delta p}{}_{i p}$ - расходы поверочной жидкости, измеряемые эталонным расходомером - счетчиком при i - ом измерении в точках $Q_{
m min}$, $Q_{
m P}$, и $Q_{
m max}$ соответственно.

Рассчитать:

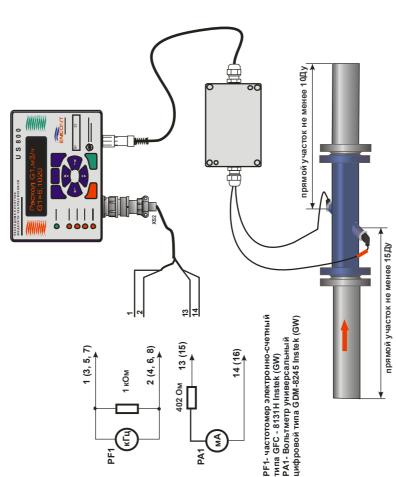
$$K_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{i_{\max}}}{n}, \qquad K_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{i_{\min}}}{n}, \qquad K_{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{i_{p}}}{n}.$$

5. Вычислить новое значение коэффициента коррекции по формуле:

$$K = \frac{K_{\text{max}} + K_{\text{min}} + K_{\text{min}}}{3}$$

6. Ввести значение полученного коэффициента K в US800 согласно Части 1 настоящего руководства.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема подключения US800 при проведении поверки и градуировки



ЧАСТЬ 3

Настоящая часть руководства по эксплуатации расходомера – счетчика жидкости ультразвукового US800 (далее - US800), устанавливает порядок и методику проведения первичной и периодических поверок US800 имитационным методом.

Имитационной проверке подлежит вторичный преобразователь US800 (блок индикации БИ совместно с устройствами формирования УФ, входящими в комплект).

US800, поверенные по данной методике, обеспечивают метрологические характеристики в соответствии с таблицами 1 и 2.

Таблица 1

		Относительная погрешность при измерении, %					
Диапазон расхода	Диаметр условного прохода, мм; и исполнение УПР	расхода по индикатору и частотно- му выходу	расхода по токо- вому вы- ходу	объема по инди- катору			
0 . 0-	32-200 однолучевой	± 3,0	± 3,0	± 3,0			
Q _{min} - Q _P	80-200 двухлучевой	± 2,0	± 2,0	± 2,0			
00	32-200 однолучевой	± 2,0	± 2,0	± 2,0			
Q _P – Q _{max}	80-200 двухлучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5			

Таблица 2

			ьная погре измерении,	
Диапазон расхода	Диаметр условного прохода, мм; и исполнение УПР	расхода по индикатору и частотно- му выходу	расхода по токо- вому выходу	объема по инди- катору
0 . 0-	> 200 однолучевой	± 2,0	± 2,5	± 2,0
Q _{min} - Q _P	> 200 двухлучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5
00	> 200 однолучевой	± 1,5	± 2,0	± 1,5
$\mathbf{Q}_{P} - \mathbf{Q}_{max}$	> 200 двухлучевой	± 0,75	± 1,5	± 0,75

Межповерочный интервал - 4 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении первичной и периодических поверок US800 должны выполняться операции, указанные в таблице 3.

Таблица 3

	Номер	Обязательно дения опера	•
Наименование операции	пункта	первичная поверка	периоди- ческая поверка
1. Внешний осмотр	5.1.1	да	да
2. Опробование	5.1.2	да	да
3. Определение относительных погрешностей: при измерении времени распро-			
странения ультразвуковых им- пульсов при преобразовании текущего	5.1.3.1	да	да
расхода в выходные сигналы: при измерения расхода при измерении объема	5.1.3.2 5.1.3.4 5.1.3.5	да да да	да да да
4. Измерение параметров УПР	5.1.4		
из комплекта поставки US800:			
измерение внутреннего диаметра измерение угла наклона оси аку-	5.1.4.1		
стического канала	5.1.4.4	да	нет
измерение базового расстояния между ПЭП	5.1.4.5		
изготовленного на трубопро-			
воде диаметром более 200мм: измерение внутреннего диаметра измерение смещения оси	5.1.4.2		да
акустического канала	5.1.4.3	да	нет
измерение угла наклона оси аку- стического канала	5.1.4.4		нет
измерение базового расстояния между ПЭП	5.1.4.5		нет

Продолжение таблицы 3

	Номер	Обязательность проведения операции		
Наименование операции	пункта	первичная поверка	периоди- ческая поверка	
5. Определение коэффициента коррекции	5.1.5	да	да	
6. Ввод программируемых параметров и контроль их значений	5.1.6	да	да	

- 1.2 Для сокращения времени и снижения трудоёмкости поверки US800, операции первичной поверки целесообразно совмещать с приемо-сдаточными испытаниями, проводимыми на предприятии изготовителе.
- 1.3 При отсутствии УПР в комплекте поставки US800, изготовление УПР осуществляется непосредственно на трубопроводе на месте эксплуатации. Проверка соблюдения требований к монтажу осуществляется при измерении параметров УПР (5.1.4).

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений, указанные в таблице 4.

Таблица 4

Номер пункта документа при поверке	Наименование образцового средства измерения или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
1	2
5.1.4	Вольтметр универсальный цифровой GDM-8245 Instek (GW)
	Погрешность измерения постоянного тока, $\%$ \pm (0.2 + 2 ед. мл. разряда) Погрешность измерения постоянного напряжения, $\%$ \pm (0,03 + 4 ед. мл. разряда)

Продолжение таблицы 4

1	2
5.1.4	Частотомер электронно-счетный типа GFC - 8131H Instek (GW) Диапазон измеряемых частот - от 0.01 Γ ц до 120 М Γ ц Максимальный уровень входного сигнала — 150B (0-10к Γ ц); 5B (10к Γ ц — 120М Γ ц) Погрешность измерения частоты \pm (10 ⁻⁶ + 1 ед. мл. разряда)
5.1.3	Технологический УПР - КП-800 с измеренным расстоянием между ПЭП
5.1.5.2 5.1.5.3 5.1.5.4	Штангенциркуль ШЦ-П-500-0.1 ГОСТ 166-80 Цена деления - 0.1 мм, диапазон измерения 0 - 500 мм Погрешность измерения - 0.1 Приспособление АС803 – для измерения расстояния между ПЭП
5.1.5.2	Рулетка ЗПК-10АНТ-1 ГОСТ 7502 Цена деления - 1 мм
5.1.5.3	Толщиномер ультразвуковой УТ-65М Основная погрешность ± (0.01 мм + 0.005х) Диапазон измерения от 1.0 до 20 мм Цена деления наименьшего разряда - 0.01 мм
5.1.5.3	Угломер с нониусом типа 2-2, модель 127 ГОСТ 5378-88 Диапазон измерений: внутренних углов - от 40 до 180° наружных углов - от 0 до 360° Предел допускаемой погрешности \pm 2′
5.1.3	Термометр ТЛ-4 Цена деления - 0.1°C. Пределы измерения (0 – 100)°C
5.1.4	Секундомер СОСпр-2б-2-000 "АГАТ" 42958
5.1.5.1	Нутромер микрометрический НМ-600 ГОСТ 10 Диапазон измерения - от 75 до 600 мм Погрешность - 0.015 мм Нутромер микрометрический НМ-2500 ГОСТ 10 Диапазон измерения - от 600 до 2500 мм Погрешность - 0.04 мм

Продолжение таблицы 4

1	2						
	Нутромеры индикаторные ГОСТ 868 Цена деления - 0.01 мм						
		дена деления - 0.01 мм					
	Наименование	Диапазон измерения	Основная по-				
			грешность				
	НИ-50 А	18 - 50 мм	0.015 мм				
5.1.5.1	НИ-100/00	50 -100 мм	0.018 мм				
	НИ-160	100 - 160 мм	0.018 мм				
	НИ-250	160 - 250 мм	0.018 мм				
	НИ-450	250 - 450 мм	0.022 мм				
	НИ-700	НИ-700 450 - 700 мм					
	НИ-1000	700 - 1000 мм	0.022 мм				

- 2.2 Допускается применение других средств измерений с характеристиками не хуже, чем характеристики средств, указанных в таблице 3.
- 2.3 Все средства измерений, используемые при проверке, должны иметь действующие документы об их поверке.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

- 3.1 Поверители US800 должны иметь квалификационную группу по ПТЭ и ПТБ не ниже III для электроустановок до 1000 В.
- 3.2 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и руководствах по эксплуатации применяемых приборов.
- 3.3 Работы по 5.1.4 производить при отсутствии жидкости в трубопроводе.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

- 4.1 Во время проведения поверки должны соблюдаться условия, не противоречащие рабочим условиям эксплуатации US800 регламентированным в Части 1 настоящего руководства.
- В этом случае должны соблюдаться условия эксплуатации поверочного оборудования.
- 4.2 Для контроля условий поверки должны применяться следующие средства измерений:

- термометр с ценой деления не более 0,1 °C, диапазоном измерения (0-50) °C;
- психрометр для измерения влажности в диапазоне (30-80)% с погрешностью не более ± 5 % при температуре (15-30) °C;
- барометр с диапазоном измерения давления (84-107) кПа с погрешностью не более 1 кПа;
- вольтметр переменного тока для измерения напряжения питания с диапазоном измерения 0-300 В и погрешностью не более \pm 1,5%.
- 4.3 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:
 - определение состава поверителей;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке в формулярах средств измерений, используемых при поверке US800;
 - проверка наличия паспорта на поверяемый US800;
- подготовка к работе используемых средств измерений в соответствии с их эксплуатационной документацией и подключение к US800 согласно схеме внешних подключений приложения A.
- выдержка перед операциями поверки в нерабочем состоянии не менее 30 минут в условиях, указанных в 4.1, а затем во включенном состоянии при этих же условиях не менее 30 минут.

В качестве УПР может использоваться:

- УПР из комплекта поставки US800;
- технологический УПР КП-800.

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

- 5.1 Первичная поверка
- 5.1.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверить комплектность и маркировку, отсутствие видимых механических повреждений.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если установлено соответствие внешнего вида и состояния US800 требованиям эксплуатационной документации на него.

5.1.2 Опробование

При опробовании US800, устанавливается его работоспособность в соответствии с указаниями Части 1 настоящего руководства.

- 5.1.3 Определение относительных погрешностей US800.
- 5.1.3.1 Определить измеряемое электронной частью US800 значение времени распространения ультразвуковых импульсов согласно Части 1 настоящего руководства.

Проверить выполнение условия: $\Delta t < 0.2$ микросекунды.

При выполнении данного условия продолжить поверку.

Измерить температуру воды в УПР с точностью \pm 0,1 °C.

По таблице приложения Б и измеренному значению температуры воды в УПР определить значение скорости ультразвука C в воде. Определить по формуле (1) расчетное время распространения ультразвуковых импульсов t_{pacy} .

$$t_{pac4} = \frac{L_{\pi}}{C} \quad , \tag{1}$$

где $L_{\!\scriptscriptstyle \mathcal{I}}$ - расстояние между излучающими торцами ПЭП, м;

 ${\it C}$ - скорость ультразвука, соответствующая измеренной температуре воды (из таблицы приложения Б), м/с.

Определить по формуле (2) относительную погрешность при измерении времени распространения ультразвуковых импульсов:

$$\delta_t = \frac{t_{cp} - t_{pacy}}{t_{pacy}} \times 100, \%$$
 (2)

5.1.3.2 Определение относительной погрешности при преобразовании текущего расхода в выходные сигналы.

В режиме программирования параметров БИ выбрать параметр «Контроль вых. N» соответствующего канала измерения расхода. Последовательно выбирая точки $0.25Q_{max}$, $0.5Q_{max}$, $0.75Q_{max}$, и Q_{max} зафиксировать по измерительным приборам:

- значения сигнала Q_F на частотном выходе в каждой точке;
- значения сигнала Q_I на аналоговом выходе в каждой точке.

Проверить выполнение условий указанных в таблице 5.

Таблица 5

Точки диапазона	Частотный сигнал, Гц	Аналоговый сигнал, мА
0	0	$3,99 \le Q_i < 4,01$
0,25Q _{max}	249,75 < Q _F < 250,25	7,968 <q<sub>i<8,032</q<sub>
0,5Q _{max}	499,5 <q<sub>F<500,5</q<sub>	11,952 <q<sub>i<12,048</q<sub>
0,75Q _{max}	749,25 < Q _F < 750,75	15,936 <q<sub>i<16,064</q<sub>
Q _{max}	999,0 <q<sub>F <1001,0</q<sub>	19,92 <q<sub>1<20,08</q<sub>

Если хотя бы одно из условий по одному из каналов не выполняется, US800 считать не прошедшим поверку.

5.1.3.3 Проверка автоматической корректировки смещения нуля канала измерения.

Перевести БИ в режим программирования. В соответствии с указаниями руководства по эксплуатации (Часть 1) установить программируемые параметры поверяемого канала измерения:

- **«Gmaкс»**: 10 м³/ч;
- «Внутренний диаметр»: 0,05 м;
- «База датчиков»: расстояние между излучающими торцами ПЭП в УПР;
 - «Смин»: 0,1;
 - «Усреднение»: 20,0;
- «Длина кабеля»: фактическая длина кабеля соединяющего УПР с УФ в метрах;
 - «Коэффициент коррекции»: 1,0.

Выполнить автоматическую компенсацию нуля согласно методике, изложенной в Части 1 настоящего руководства.

Перевести БИ в режим индикации расхода. Выждать 40-60 секунд до установки значения измеряемого расхода на цифровом индикаторе. Снять показания Q_0 с цифрового индикатора БИ.

Вычислить относительное смещение нуля δ_0 по формуле (3):

$$\delta_0 = Q_0 \times 10 , \%$$
 (3)

Проверить выполнение условия $|\delta_0|$ < 0,5%. При невыполнении данного условия провести автоматическую корректировку смещения нуля повторно. Если после пятикратного проведения авто-

матической корректировки условие $|\delta_0|$ < 0,5% не соблюдается, то дальнейшая поверка прекращается и US800 считается не прошедшим поверку.

5.1.3.4 Определение относительной погрешности при измерении расхода.

Относительную погрешность US800 при измерении расхода определять следующим образом.

Войти в параметр «Смещение нуля». Установить значение данного параметра равное сумме (без учета знака) числа компенсирующего смещение нуля (полученного в процессе автоматической корректировки по п. 5.1.3.3) и 50 нс. Перейти в режим работы через процесс записи «Запись параметров в ПЗУ».

Через время 20-30 секунд снять с индикатора значение измеряемого расхода $Q_{u_{3M}}$. Войти в **«Параметры УЗС»** и считать среднее время прохождения УЗС t_{cp} для текущего канала.

Вычислить расчетное значение расхода Q_{pacy} по формуле (4):

$$Q_{pacq} = 3534291,7 \times \frac{L_{\pi}^{2}}{t_{cn}^{2}}$$
, M³/y (4)

где $L_{\!\scriptscriptstyle J}$ - расстояние между излучающими торцами ПЭП, м.

Определить по формуле (5) относительную погрешность при измерении расхода по цифровому индикатору $\delta_{\prime\prime}$:

$$\delta_{u} = \frac{Q_{u_{3M}} - Q_{pacu}}{Q_{pacu}} \times 100, \%$$
 (5)

5.1.3.5 Относительную погрешность при измерении объема определять следующим образом.

Перейти в режим индикации объема для текущего канала.

В момент смены цифры в младшем разряде цифрового индикатора зафиксировать начальное значение объема $V_{\it hay}$ и запустить секундомер.

Через время не менее чем 300 секунд, в момент смены цифры в младшем разряде цифрового индикатора зафиксировать конечное значение объема $V_{\rm кон}$, остановить секундомер и зафиксировать по нему время $T_{\rm c}$.

Определить по формуле (6) относительную погрешность при измерении объема δ_{V} :

$$\delta_V = \frac{V_{\text{KOH}} - V_{\text{PACY}}}{V_{\text{PACY}}} \times 100 , \%$$
 (6)

где
$$V_{pac4} = \frac{Q_{pac4} \times T_c}{3600}$$
, м³ (7)

- 5.1.3.6 Измерительный канал US800 считать прошедшим поверку и годным к эксплуатации, если относительные погрешности:
 - δt находится в пределах ± 0.4 %;
 - δ_u находится в пределах \pm 0,4 %;
 - δ_V находятся в пределах $\pm 0, 5 \%$;
- 5.1.3.7 Повторить операцию поверки для каждого канала измерения расхода, входящего в комплект US800.

US800 считается годным к эксплуатации, если значения относительных погрешностей удовлетворяют требованиям 5.1.3.6 по всем каналам измерения расхода.

- 5.1.4 Определение и измерение параметров УПР.
- 5.1.4.1 Измерение внутреннего диаметра УПР, подготовленного на предприятии изготовителе.

Внутренний диаметр корпуса УПР измерять нутромером по двум взаимно перпендикулярным направлениям I-I и II-II (D^I и D^{II}) в сечении прохождения ультразвуковых импульсов между ПЭП. Точность измерения не хуже 0.05 мм.

По каждому из направлений выполнить не менее 3 измерений.

Вычислить среднеарифметическое значение внутреннего диаметра для УПР $D_{\it shymb}$ по формуле (8):

$$D_{\text{eHymp}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_{i}^{I} + \sum_{i=1}^{n} D_{i}^{II}}{2 \times n}$$
 (8)

Проверить выполнение условия: $\left| D^{II} - D^I \right| \leq 0.01 \times D_{\text{енутр}}$

Вычисленное значение $D_{\mathit{внутр}}$ занести в протокол измерений.

5.1.4.2 Измерение внутреннего диаметра УПР, изготовленного на трубопроводе, проводить в соответствии с рисунком 1.

Очистить участок трубопровода, на котором будут производиться измерения.

Рулеткой в сечениях I-I и II-II не менее 3 раз измерить длину окружности трубопровода и вычислить среднюю длину окружности L_{H} м, и среднее значение наружного диаметра D_{H} по формуле (9):

$$D_{H} = \frac{L_{H}}{\pi} \tag{9}$$

Занести значение D_{H} в протокол измерений.

При помощи измерительной штанги с фиксатором и штангенциркуля измерить по двум взаимно перпендикулярным направлениям расстояния H^{11} и H^{12} не менее 3 раз и вычислить их средние значения. Определить суммарную толщину стенки трубопровода и отложений H_{n1} по формуле (10):

$$H_{nl} = D_{Hap1} - H^{11} + H^{12} (10)$$

где $D_{\it Hapl}$ - наружный диаметр трубопровода в сечении I-I по формуле (9).

Повторить измерения и вычислить H_{nll} по формуле (11):

$$H_{nll} = D_{Hapll} - H^{21} + H^{22}$$
 (11)

где $D_{\it HapII}$ - наружный диаметр трубопровода в сечении $\it II-II$ по формуле (9).

Среднее значение внутреннего диаметра трубопровода D_{ehvmp} в сечении III вычислить по формуле (12):

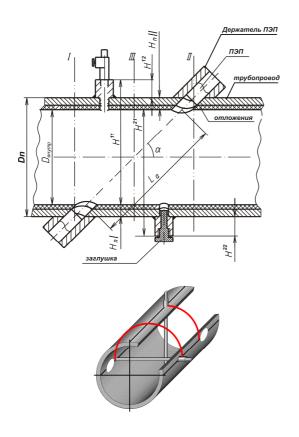


Рисунок 1

$$D_{\text{eHymp}} = \frac{\left(D_{\text{eHympI}} + D_{\text{eHympII}}\right)}{2} , \qquad (12)$$

где:

$$\begin{split} D_{\mbox{\tiny enympI}} &= D_{\mbox{\tiny napI}} - 2H_{\mbox{\tiny nI}} \ ; \\ D_{\mbox{\tiny enympII}} &= D_{\mbox{\tiny napII}} - 2H_{\mbox{\tiny nII}} \end{split}$$

Рассчитанное значение $D_{внутр}$ занести в протокол измерений.

- 5.1.4.3 Смещение оси акустического канала χ относительно центральной оси трубопровода определить одним из способов:
- с помощью измерительных штанг равной длины и штангенциркуля в соответствии с рисунком 2.
- измерением длин дуг между центрами приваренных держателей в соответствии с рисунком 3.

Пропустить одну штангу через отверстия держателей ПЭП, обеспечивая скользящую посадку, а другую разместить на наружной поверхности УПР так, чтобы точка касания являлась центром штанги. Затем, закрепить концы штанг стяжками на равном расстоянии А .Измерить расстояние А штангенциркулем.

Переместить внешнюю штангу на другую сторону УПР и, используя вышеуказанную методику измерить размер В. Смещение χ с точностью не хуже $0.1\% D_v$, вычислить по формуле (13):

$$\chi = \frac{|(A - H_1) - (B - H_2)|}{2} \tag{13}$$

где ${\it H}_1$ и ${\it H}_2$ - толщина стенки УПР в точках соприкосновения со штангой, м.

Толщину стенки H измерить ультразвуковым толщиномером в 2-х противоположных точках сечения прохождения ультразвуковых импульсов между ПЭП. В каждой точке выполнить не менее 3 измерений.

Для двухлучевого УПР (рисунок 2б):

$$\chi = A - H \tag{14}$$

Проверить выполнение условий:

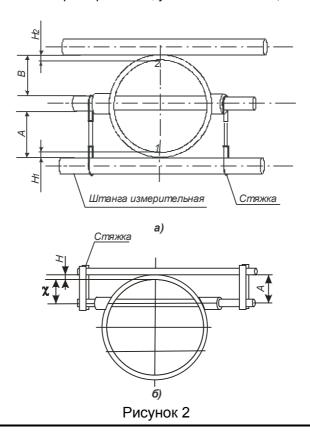
Для однолучевого УПР: $0.48\,D_{_{\it GHVMD}}\, \le \chi' \le 0.52\,D_{_{\it GHVMD}}\,$,

где
$$\chi' = \chi + \frac{D_{\it enymp}}{2}$$
 , $0.95 \leq (L1/L2) \leq 1.05$

Для двухлучевого УПР: 0.24 $D_{\rm \scriptscriptstyle GHYMP}$ \leq χ \leq 0.26 $D_{\rm \scriptscriptstyle GHYMP}$

$$0,48 \le (L1/L2) \le 0,52$$

Выполнение данных условий обеспечивает соответствие US800 метрологическим характеристикам, указанным в таблицах 1 и 2.



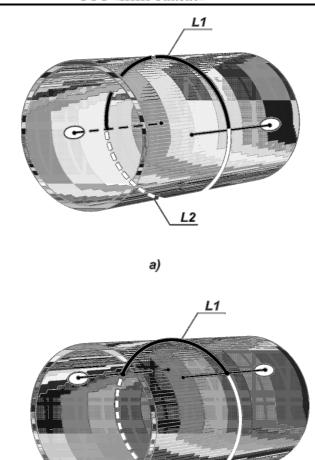


Рисунок 3

б)

L2

5.1.4.4 Измерение угла наклона оси акустического канала α проводить в соответствии с рисунком 4 с помощью приспособления AC 805.

Измерение угла провести не менее 3 раз с каждой стороны. Рассчитать средние значения $\, \alpha^1 \,$ и $\, \alpha^2 .$

Проверить выполнение условий:

$$|\alpha_i^1 - \alpha^1| \le 10$$
' $|\alpha_i^2 - \alpha^2| \le 10$ ',

где і – номер измерения.

Угол наклона оси акустического канала α вычислить по формуле (15):

$$\alpha = (\alpha^1 + \alpha^2)/2 \tag{15}$$

Результат вычисления α заносят в протокол измерений.

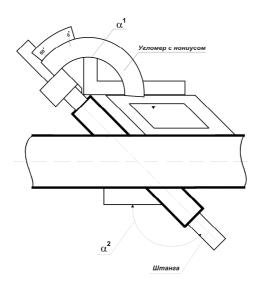


Рисунок 4

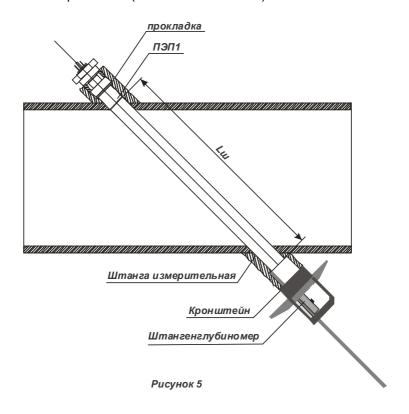
5.1.4.5 Измерение базового расстояния $\,L_{_{I\!I}}\,$ между ПЭП.

5.1.4.5.1 Механический способ.

Измерения проводят с помощью приспособления АС803, в соответствии с рисунком 5.

При проведении измерений один из датчиков ПЭП1 должен быть установлен в держатель, другой ПЭП2 должен быть вынут из держателя. Вместо ПЭП1 возможно использование заглушки из комплекта AC803.

Вставить штангу измерительную в отверстие для ПЭП2 до упора в излучающую поверхность ПЭП1. Если длины измерительной штанги недостаточно, набрать необходимую длину при помощи штанг калибровочных (из комплекта AC803).



Упереть выдвижную часть штангенглубиномера в посадочную поверхность держателя. Снять показания штангенглубиномера. Повторить измерения не менее 3-х раз и рассчитать среднее значение.

Примечание: штанга измерительная и штангенглубиномер ШГ-400 поставляются в сборе (присоединены при помощи кронштейна).

Рассчитать расстояние L_{III} по формуле (16):

$$L_{\text{Ш}} = \sum L_{\text{ШK}} + L_{\text{ШИ}} - \Pi \text{Ш} \Gamma$$
, (16)

где $\sum L_{\text{шк}}$ - сумма длинн штанг калибровочных, используемых при измерении;

L_{ши} – длина штанги измерительной (равна 420 мм);

Пшг - показания штангенглубиномера.

Вычислить базовое расстояние $L_{\text{Д}}$ между ПЭП по формуле: а) при установленном ПЭП1:

$$L_{\Pi} = L_{\Pi} - L_{\Pi} + T_{\Pi} + T_{\Pi}$$
 (17)

где Lпэп - расстояние между излучающим торцом ПЭП и его посадочным местом под держатель;

Тпр – толщина прокладки.

б) при установленной заглушке:

$$L_{\text{Д}} = L_{\text{Ш}} - 2^* L_{\text{nsn}} + 2^* \text{Tnp}$$
 (18)

Значение L_Д занести в протокол измерений.

5.1.4.5.2 Электронный способ.

Измерения проводят с помощью вторичного преобразователя US800, прошедшего поверку в соответствии с п.5.1.3.1 Части 3 настоящего руководства.

Заполнить УПР водой. Для повышения точности измерения рекомендуется использовать по возможности дистиллированную воду. При отсутствии такой возможности можно применять воду, используемую для хозяйственных нужд на месте эксплуатации US800. УПР должен быть заполнен так, чтобы ПЭП полностью находились под водой.

По методике п.5.1.3.1 считать измеренное БИ значение t_{cp} . Измерить температуру воды в УПР с точностью \pm 0,1 °C.

По таблице приложения Б и измеренному значению температуры воды в УПР определить значение скорости ультразвука C в воде.

Значение t_{cp} измерить не менее 3-х раз с интервалом 1 – 1,5 мин, при этом каждое считывание должно сопровождаться измерением температуры воды.

Вычислить значение $L_{{\scriptscriptstyle I\hspace{-.1em}I}}{}^{\it i}$ по формуле (19):

$$L_{\mathcal{I}}^{i} = C^{i} \times t_{cp}^{i} \quad ; \tag{19}$$

где *i* - номер измерения.

Вычислить среднее значение $\,L_{\scriptscriptstyle J\!\!I}\,$ по формуле (20):

$$L_{\mathcal{A}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_{\mathcal{A}}^{i}}{n} \tag{20}$$

Значение $L_{\scriptscriptstyle {\it I\! I}}$ занести в протокол измерений.

5.1.5 Определение коэффициента коррекции.

Коэффициент коррекции K определяется по формуле (21):

$$K = (1/K_{\Gamma}) \cdot tg\alpha \cdot (1/K_{La}) \tag{21}$$

5.1.5.1 Гидродинамический коэффициент K_{Γ} выбирается из таблицы 6 для исполнения US800 с однолучевыми УПР заводского изготовления.

Таблица 6

D _у , мм	32	40	50	65	80	100	150	200
1/ K _Γ	0,9284	0,9295	0,9306	0,9320	0,9334	0,9354	0,9383	0,9400

 $K_{la} = 1$.

5.1.5.2 Гидродинамический коэффициент для однолучевых УПР, изготовленных на трубопроводе определять по формуле (22):

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{\Gamma \max} + K_{\Gamma \min}}{2}$$
 (22)

где:

 $K_{T_{
m max}}$ - значение гидродинамического коэффициента, соответствующее максимальному значению числа Рейнольдса ${
m Re}_{
m max}$;

 $K_{T \min}$ - значение гидродинамического коэффициента, соответствующее минимальному значению числа Рейнольдса Re_{\min} .

Числа Рейнольдса Re_{max} и Re_{min} определить по формулам (23) и (24) соответственно:

$$Re_{max} = \frac{4 \times Q_{max}}{\pi \times D_{BHymp} \times v_{min}}$$
 (23)

$$Re_{min} = \frac{4 \times Q_{min}}{\pi \times D_{eHymp} \times v_{max}}$$
 (24)

где Q_{max} и Q_{min} - максимальный и минимальный расходы возможные на месте эксплуатации, м 3 /c;

 ${
m v}_{min}$ и ${
m v}_{max}$ - минимальное и максимальное значения коэффициента кинематической вязкости жидкости.

Значение V для воды при её температуре в условиях эксплуатации определять по данным таблицы приложения В. Значение V для других жидкостей определять лабораторным методом по отобранной пробе или измерять поточным вискозиметром.

Значение гидродинамического коэффициента $K_{\Gamma \, \text{max}}$, соответствующее максимальному значению числа Рейнольдса Re_{max} определить по формуле (25):

$$K_{\Gamma \max} = 1.01 + 0.38 \times \sqrt{\lambda}$$
 (25)

где:

$$\lambda = 0.11 \times \sqrt[4]{\left(\frac{68}{\text{Re}_{\text{max}}} + \frac{K_3}{1000 \times D_{\text{eHymp}}}\right)}$$
; (26)

λ - коэффициент гидравлического трения;

 $K_{\mathfrak{g}}$ - значение эквивалентной шероховатости трубопровода в соответствии с таблицей приложения Г.

Значение гидродинамического коэффициента $_{K_{T,\min}}$, соответ-

ствующее минимальному значению числа Рейнольдса ${\sf Re}_{\sf min}$, определить по графику приложения Д.

- $K_{La} = 1$, при выполнении условия пункта 5.1.4.3 настоящего руководства.
- 5.1.5.3 Гидродинамический коэффициент для двухлучевых УПР: $K_{\Gamma} = 1$, при соблюдении условий обеспечивающих точность изготовления УПР данного типа по Части 1 настоящего руководства.

$$(1/K_{La}) = 1,1547.$$

5.1.5.4 Если для измеренного смещения акустической оси χ не выполняются условия п. 5.1.4.3 настоящего руководства, то коэффициент искажения акустической оси вычисляется по формуле (27):

$$K_{La} = (1 - [4\chi^2 / D_{eHymp}^2])^{1/2}$$
 (27)

5.1.6 При вводе нового значения коэффициента коррекции K должен быть приглашен госповеритель. Под его контролем рассчитывается и вводится новое значение коэффициента коррекции для реальных условий, и US800 пломбируется без полной поверки.

5.2 Периодическая поверка

Периодическая поверка выполняется в объеме и последовательности в соответствии с Таблицей 3 пункта 1 настоящей части руководства по эксплуатации.

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Положительные результаты поверки оформляются записью в паспорте US800, заверенной подписью и штампом (поверительным клеймом) лица, аккредитованного в области обеспечения единства измерений (госповерителя).

В случае поставки US800 без УПР при выпуске из производства первичной поверке подвергается только вторичный преобразователь US800 (БИ совместно с УФ). В этом случае после измерения линейно-угловых размеров УПР, изготовленного на трубопроводе на месте эксплуатации, программируемые параметры заносятся в БИ US800 и оформляются записью в паспорте на US800, заверенной подписью и штампом (поверительным клеймом) госповерителя.

Для исключения несанкционированного доступа к программируемым параметрам БИ US800 пломбируется путем считывания и занесения в паспорт значения КСП (контрольной суммы параметров) в специальном разделе паспорта US800, заверенной подписью и штампом организации (лица), осуществляющего пломбирование. Пломбирование осуществляется представителем независимой эксплуатирующей организации, госповерителем или иной организацией (лицом) по согласованию обеих сторон (поставщик-потребитель). После этого прибор допускается к эксплуатации с нормированной погрешностью.

В случае поставки US800 в полном комплекте с УПР пломбирование осуществляется на заводе-изготовителе.

- 6.2 При отрицательных результатах первичной поверки после выпуска из производства US800 возвращается изготовителю для устранения дефектов с последующим предъявлением на повторную поверку.
- 6.3 При отрицательных результатах периодической поверки US800 не допускается к эксплуатации. Выдается извещение о непригодности к эксплуатации и изъятии из обращения US800. Поверительные клейма гасятся.

Схема подключения US800 при проведении поверки U S 8 0 0 ПРИЛОЖЕНИЕ А РҒ1- частотомер электронно-счетный типа GFC - 8131H Instek (GW) РА1- Вольтметр универсальный цифровой типа GDM-8245 Instek (GW) [2] 13 (15) 1 (3, 5, 7) 2 (4, 6, 8) 1 KOM 402 OM

Руководство по эксплуатации US800.421364.001 РЭ

Ø₽

Заглушка

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Зависимость скорости распространения ультразвуковых импульсов от температуры, м/с

t, °C	При t, °C									
ι, σ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	1402,4	,	1403,4		,			,	1406,4	,
2	1407,4		1408,4						1411,3	
3	1412,2	1412,7	1413,2	1413,7		1414,6	1415,1		1416,0	
4	1417,0	1417,5	1417,9	1418,4		1419,3		1420,3	1420,7	1421,2
5	1421,6	1422,1	1422,5						1425,3	1425,7
6	1426,2		1427,1			1428,4		1429,3		
7	1430,6	1431,0						1433,6	1434,1	1434,5
8	1439,1	1439,5	1440,0			1441,2			1442,4	1442,8
9	1443,2	1443,7	1444,1	1444,5	1444,9	1444,3	1445,7	1445,1	1446,5	1446,9
10	1447,3	1447,7	1448,1	1448,4	1448,8	1449,2	1449,6	1450,0	1450,4	1450,8
11	1451,2	1451,6	1452,0	1452,3	1452,7	1453,1	1453,5	1453,9	1454,2	1454,6
12	1455,0	1455,4	1455,8	1456,1	1456,5	1456,9	1457,3	1457,6	1458,0	1458,4
13	1458,7	1459,1	1459,5				1460,9	1461,3	1461,6	1462,0
14	1462,4	1462,7	1463,1	1463,4	1463,8	1464,1	1464,5	1464,9	1465,2	1465,6
15	1465,9	1466,3	1466,6	1467,0	1467,3	1467,6	1468,0	1468,3	1468,7	1469,0
16	1469,4	1469,7	1470,0	1470,4	1470,7	1471,1	1471,4	1471,7	1472,1	1472,4
17	1472,7		1473,4					1475,0	1475,4	
18	1476,0		1476,7						1478,6	
19	1479,2	1479,5	1479,8	1480,1	1480,5	1480,8	1481,1	1481,4	1481,7	1482,0
20	1482,3		1482,9						1484,7	
21	1485,3		1485,9					1487,4	,	,
22	1488,3		1488,9			1489,7			1490,6	
23	1491,2		1491,7			1492,6			1493,4	
24	1493,9		1494,5						1496,1	
25	1496,7		1497,2						1498,8	
26	1499,3		1499,8						1501,3	
27	1501,9		1502,4						1503,8	
28	1504,3		1504,8						1506,3	
29	1506,8		1507,2					-	1508,6	
30	1509,1		1509,6					-	1510,9	
31	1511,4		1511,8					1512,9	1513,1	1513,4
32	1513,6		1514,0	1514,2		1514,7			1515,3	
33	1515,7	1515,9		1516,3				1517,2	1517,4	
34	1517,8		1518,2	1518,4	1518,6	1518,8	1519,0	1519,2		1519,6
35	1519,8		1520,2			1520,8		1521,2	1521,3	
36	1521,7	1521,9				1522,7		1523,0	1523,2	1523,4
37		1523,8		1524,2				1524,9		1525,2
38		1525,6		1525,9				1526,6		1527,0
39	1527,2	1527,3	1527,5	1527,7	1527,8	1528,0	1528,2	1528,4	1528,5	1528,7

Руководство по эксплуатации US800.421364.001 РЭ

t, °C					При	t, °C				
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
40	1528,9	1529,0	1529,2	1529,3	1529,5	1529,7	1529,8	1530,0	1530,2	1530,3
41	1530,5	1530,6	1530,8	1531,0	1531,1	1531,3	1531,4	1531,6	1531,7	1531,9
42	1532,1	1532,2	1532,4	1532,5	1532,7	1532,8	1533,0	1533,1	1533,3	1533,4
43	1533,6	1533,7	1533,9	1534,0	1534,1	1534,3	1534,4	1534,6	1534,7	1534,9
44	1535,0	1535,2	1535,3	1535,4	1535,6	1535,7	1535,9	1536,0	1536,1	1536,3
45	1536,4	1536,5	1536,7	1536,8	1537,0	1537,1	1537,2	1537,4	1537,5	1537,6
46	1537,7	1537,9	1538,0	1538,1	1538,3	1538,4	1538,5	1538,7	1538,8	1538,9
47	1539,0	1539,2	1539,3	1539,4	1539,5	1539,7	1539,8	1539,9	1540,0	1540,1
48	1540,3	1540,4	1540,5	1540,6	1540,7	1540,9	1541,0	1541,1	1541,2	1541,3
49	1541,4	1541,5	1541,7	1541,8	1541,9	1542,0	1542,1	1542,2	1542,3	1542,4
50	1542,6	1542,7	1542,8	1542,9	1543,0	1543,1	1543,2	1543,3		1543,5
51	1543,6	1543,7	1543,8	1543,9	1544,0	1544,1	1544,2	1544,3		1544,5
52	1544,6	1544,7	1544,8	1544,9	1545,0	1545,1	1545,2	1545,3		1545,5
53	1545,6	1545,7	1545,8	1545,9	1546,0	1546,1	1546,2	1546,2	1546,3	1546,4
54	1546,5	1546,6	1546,7	1546,8	1546,9	1547,0	1547,0	1547,1	1547,2	1547,3
55	1547,4	1547,5	1547,5	1547,6	1547,7	1547,8	1547,9	1548,0	1548,0	1548,1
56	1548,2	1548,3	1548,4	1548,4	1548,5	1548,6	1548,7	1548,7	1548,8	1548,9
57	1549,0	1549,0	1549,1	1549,2	1549,3	1549,3	1549,4	1549,5	1549,5	1549,6
58	1549,7	1549,8	1549,8	1549,9	1550,0	1550,0	1550,1	1550,2	1550,2	1550,3
59	1550,4	1550,4	1550,5	1550,5	1550,6		1550,7	1550,8		1550,9
60	1551,0	1551,0	1551,1	1551,2	1551,2	1551,3	1551,3	1551,4	1551,4	1551,5
61	1551,6	1551,6	1551,7	1551,7	1551,8	1551,8	1551,9	1551,9	1552,0	1552,0
62	1552,1	1552,1	1552,2	1552,2	1552,3	1552,3	1552,4	1552,4	1552,5	1552,5
63	1552,6	1552,6	1552,7	1552,7	1552,8	1552,8	1552,8	1552,9	1552,9	1553,0
64	1553,0	1553,1	1553,1	1553,1	1553,2	1553,2	1553,3	1553,3		1553,4
65	1553,4	1553,5	1553,5	1553,5	1553,6	1553,6	1553,6	1553,7	1553,7	1553,7
66	1553,8	1553,8	1553,8	1553,9	1553,9	1553,9	1554,0	1554,0	1554,0	1554,1
67	1554,1	1554,1	1554,1	1554,2	1554,2	1554,2	1554,3	1554,3	1554,3	1554,3
68	1554,4	1554,4	1554,4	1554,4	1554,5	1554,5	1554,5	1554,5	1554,5	1554,6
69	1554,6	1554,6	1554,7	1554,6	1554,7	1554,7	1554,7	1554,7	1554,7	1554,8
70	1554,8	1554,8	1554,8	1554,8	1554,8	1554,8	1554,9	1554,9	1554,9	1554,9
71	1554,9	1554,9	1554,9	1554,9	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0
72	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,0	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1
73	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1
74	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1
75	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,1	1555,0

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

ПРИЛОЖЕНИЕ В Коэффициент кинематической вязкости воды при атмосферном давлении (10⁻⁶ м²/c)

0 -		t°C								
t°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,793	1,732	1,675	1,621	1,569	1,520	1,474	1,429	1,387	1,347
10	1,308	1,272	1,237	1,203	1,171	1,1401	1,1107	1,0825	1,0554	1,0294
20	1,0045	0,9905	0,9574	0,9353	0,9139	0,8934	0,8736	0,8545	0,8361	0,8184
30	0,8012	0,7847	0,7687	0,7533	0,7383	0,7239	0,7099	0,6964	0,6833	0,6706
40	0,6583	0,6464	0,6348	0,6236	0,6127	0,6022	0,5919	0,5820	0,5723	0,5629
50	0,5537	0,5449	0,5362	0,5278	0,5196	0,5116	0,5039	0,4963	0,4890	0,4818
60	0,4748	0,4680	0,4613	0,4549	0,4485	0,4424	0,4363	0,4305	0,4247	0,4191
70	0,4137	0,4083	0,4031	0,3980	0,3930	0,3881	0,3833	0,3787	0,3741	0,3691
80	0,3653	0,3610	0,3568	0,3527	0,3487	0,3448	0,3410	0,3372	0,3335	0,3299
90	0,3284	0,3229	0,3195	0,3162	0,3129	0,3097	0,3065	0,3035	0,3004	0,2975
100	0,2945	0,2917	0,2889	0,2861	0,2834	0,2808	0,2782	0,2756	0,2731	0,2706
110	0,2682	0,2658	0,2635	0,2612	0,2589	0,2567	0,2545	0,2524	0,2503	0,2482
120	0,2462	0,2442	0,2422	0,2403	0,2384	0,2365	0,2347	0,2328	0,2311	0,2293
130	0,2276	0,2259	0,2242	0,2225	0,2209	0,2193	0,2177	0,2162	0,2147	0,2132
140	0,2117	0,2102	0,2088	0,2074	0,2060	0,2046	0,2033	0,2019	0,2006	0,1993
150	0,1981									

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Эквивалентная шероховатость трубопровода

Вид трубопровода, материал	Состояние, условия	Кэ
	эксплуатации	
Цельнотянутые стальные	Новые	0,02- 0,1
Теплофикационные перегретого		0,12
пара и водяные при наличии де-		0,12
аэрации и химочистки		
Пароводяные, насыщенного па-		
ра и водяных теплопроводов		0,20
при незначительных утечках и		
деаэрации подпитки		
Водяные системы отопления		0,20
Водопроводные в эксплуатации		1,2-1,5
Умеренно коррозированные		0,4
После нескольких лет эксплуа-		0,15 – 1,0
тации в различных условиях		0,10 - 1,0
Водяные теплопроводы без де-		
аэрации и химочистки подпитки		1,0
Цельносварные стальные	Новые и старые в	0,04- 0,1
	хорошем состоянии	0,04-0,1
	Бывшие в эксплуата-	
	ции с равномерной	0,15
	коррозией	
Стальные оцинкованные	Новые с чистой	0.07 - 0.1
	оцинковкой	
	Обычная оцинковка	0,1 – 0,15

Примечания:

- 1 Данные заимствованы из справочника «Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям .-М.: Машиностроение, 1992.
- 2. Точные данные эквивалентной шероховатости трубопровода определять в соответствии с данными из ГОСТ 8.563.

