ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Федеральное государственное унитарное предприятие

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ (ФГУП ВНИИР)

ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

УТВЕРЖ ДАЮ

Зам. директора по научной работе

М.С. Немиров

12 2004 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

СЧЕТЧИКИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ

ALTOSONIC – 5 (мод. ALTOSONIC -5M)

Методика поверки трубопоршневой поверочной установкой на узлах учета нефтепродуктов

МИ 2904 - 2005

Казань
2004

gost.e-ecolog.ru

1 РАЗРАБОТАНА Федеральным государственным унитарным предприятием Всероссийским научно – исследовательский институтом расходометрии (ФГУП ВНИИР)

ИСПОЛНИТЕЛИ: Немиров М.С., к.т.н., Крайнов М.В.

РАЗРАБОТАНА МОАО «Нефтеавтоматика»

ИСПОЛНИТЕЛЬ: Михайлов С.М.

РАЗРАБОТАНА Уфимским инженерно – метрологическим центром (УИМЦ) МОАО «Нефтеавтоматика»

ИСПОЛНИТЕЛИ: Глушков Э. И., Малмыгин Л.Г., Магданов Р.Ф.

2 УТВЕРЖДЕНА ФГУП ВНИИР 07 декабря 2004 года

3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ФГУП ВНИИМС 24 января 2005 г.

4 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения УИМЦ МОАО «Нефтеавтоматика»

СОДЕРЖАНИЕ

1	Операции поверки	1
2	Средства поверки	2
3	Требования безопасности и к квалификации поверителей	2
4	Условия поверки	3
5	Подготовка к поверке	4
6	Проведение поверки	7
	6.1 Внешний осмотр	7
	6.2 Опробование	7
	6.3 Определение метрологических характеристик	8
7	Обработка результатов измерений	10
	7.1 Вычисление коэффициентов преобразования	10
	7.2 Оценивание СКО случайной составляющей погрешности	12
	7.3 Определение и реализация градуировочной характеристики УЗР	13
	7.4 Определение случайной составляющей погрешности	13
	7.5 Определение неисключенной систематической погрешности	14
	7.6 Определение относительной погрешности УЗР	15
8	Оформление результатов поверки	15
Приложение А	Протокол поверки УЗР трубопоршневой поверочной установкой (форма)	18
Приложение Б	Установление и контроль значения поверочного расхода по результатам измерений поверяемым УЗР	20
Приложение В	Коэффициенты линейного расширения (α_t) и модули упругости (Е) материала стенок ТПУ	20
Приложение Г	Коэффициенты объемного расширения и сжимаемости нефтепродуктов (по РД 153-39-011-97)	21
Приложение Д	Методика анализа результатов измерений, значения коэффициента Стьюдента и коэффициента Z	22
Приложение Е	Перечень используемых формул	23
Приложение Ж	Перечень условных обозначений и их определений	25
Библиография		28

Группа Т 88.3

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	
СЧЕТЧИКИ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ALTOSONIC -5 (мод. ALTOSONIC -5M)	**МИ 2904 - 2005**
Методика поверки трубопоршневой поверочной установкой на узлах учета нефтепродуктов	

Вводится впервые

Настоящая рекомендация распространяется на счетчики ультразвуковые ALTOSONIC -5 (мод. ALTOSONIC -5M) фирмы «KROHNE ALTOMETER" (далее – УЗР), применяемые в составе узлов учета нефтепродуктов (УУНП) для измерений объема ($м^3$), и устанавливает методику их первичной (при вводе в эксплуатацию и после ремонта) и периодической поверок на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой (далее – ТПУ).

В качестве ТПУ применяют стационарную или передвижную установку.

Межповерочный интервал УЗР: не более одного года

Перечень условных обозначений, принятых в настоящей рекомендации, и их определений приведен в приложении Ж.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Поверку УЗР проводят как единого комплекта в составе:

- первичного пятиканального измерительного преобразователя UFS 500 F-EEx;
- вторичного пятиканального измерительного преобразователя UFC 500 F-EEx;
- индустриального компьютера UFC 500P - 1 комплект.

1.2 При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (6.1);
- опробование (6.2);
- определение метрологических характеристик (6.3).

1.3 Метрологические характеристики УЗР определяют в рабочем диапазоне измерений, установленном для УЗР на каждом конкретном УУНП.

Примечание – Рабочий диапазон измерений УЗР (далее – рабочий диапазон) устанавливают для каждого УЗР в зависимости от количества рабочих измерительных линий в составе УУНП и верхнего предела измерений УУНП ($м^3/ч$) таким, что он не выходит за пределы измерений, указанные в сертификате об утверждении типа поверяемого УЗР.

1.4 Первичную поверку УЗР проводят также после замены:

- пьезоэлектрического преобразователя одного из каналов UFS 500 F-EEx;
- вторичного измерительного преобразователя одного из каналов UFC 500 F-EEx.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства измерений:

2.1.1 ТПУ 1-го разряда с пределами допускаемой относительной погрешности: ±0,05 % согласно ГОСТ 8.510;

Примечание - Верхний предел измерений ТПУ: не менее максимального значения рабочего диапазона измерений поверяемого УЗР ($м^3$/ч).

2.1.2 Преобразователи давления с электрическим выходным сигналом и с пределами допускаемой приведенной погрешности: ±0,5 %. Допускается применение манометров класса точности 0,6.

2.1.3 Преобразователи температуры с электрическим выходным сигналом и с пределами допускаемой абсолютной погрешности: ±0,2 ^{0}С. Допускается применение термометров с ценой деления шкалы 0,1 ^{0}С и с пределами допускаемой абсолютной погрешности: ±0,2 ^{0}С.

2.1.4 Систему обработки информации (далее - СОИ) и автоматизированное рабочее место оператора (далее - АРМ-оператора), входящие в состав УУНП.

СОИ обеспечивает измерения параметров, необходимых для поверки УЗР, и имеет:

- алгоритмы вычислений результатов поверки согласно настоящей рекомендации;
- функции передачи результатов поверки в АРМ-оператора для индикации их на экране монитора и формирования протокола поверки с выдачей на принтер;
- пределы допускаемой относительной погрешности вычисления коэффициента преобразования УЗР: ± 0,025 %.

Примечание – СОИ обеспечивает измерение количества импульсов с учетом долей периодов.

2.1.5 Автоматический поточный плотномер с пределами допускаемой абсолютной погрешности: ±0,36 кг/$м^3$, входящий в состав УУНП, или средства измерений плотности нефтепродуктов по ГОСТ 3900, ГОСТ Р 51069 или МИ 2823.

2.2 Все средства измерений поверены и имеют действующие свидетельства о поверке и/или оттиски поверительных клейм.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 При проведении поверки соблюдают требования:

- ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»;
- ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»;
- ПОТ Р М-016 РД 153-34.0-03.150-2000 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;
- «Правил устройства электроустановок (ПУЭ) потребителей» (6-е издание);

- ВППБ 01-03-96 «Правила пожарной безопасности для предприятий АК «Транснефтепродукт»;

- правил безопасности труда, действующих на объекте, где эксплуатируют УУНП;

- правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенных в эксплуатационной документации.

3.2 При проведении поверки запрещено применение ТПУ при давлении, превышающем рабочее давление, указанное в паспорте или эксплуатационном документе на ТПУ.

3.3 На технологической части УУНП, на ТПУ и трубопроводах применяют измерительные преобразователи (далее – преобразователи) только взрывобезопасного исполнения.

3.4 На преобразователях нанесены четкие надписи и условные знаки, предназначенные для обеспечения их безопасной эксплуатации.

3.5 Индустриальный компьютер UFC 500P и СОИ устанавливают вне взрывоопасной зоны в отапливаемых помещениях (в операторной).

3.6 Обеспечивают свободный доступ к средствам измерений, преобразователям и оборудованию, обслуживаемым при поверке. При необходимости предусматривают лестницы и площадки или переходы с ограничениями, соответствующие требованиям безопасности.

3.7 Управление и обслуживание средств поверки проводят лица, прошедшие обучение, проверку знаний и допущенные к обслуживанию УУНП и ТПУ.

3.8 При появлении течи нефтепродуктов, загазованности и других ситуаций, нарушающих нормальный ход поверочных работ, поверку прекращают.

3.9 К проведению поверки допускают лиц, аттестованных в качестве поверителя, изучивших документацию на УЗР и средства поверки, настоящую рекомендацию и прошедших инструктаж по технике безопасности.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

4.1 Поверку УЗР проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительных линий (фильтрами, струевыпрямителями, прямыми участками), первичным измерительным преобразователем UFS 500 F-EEx, вторичными измерительными преобразователями UFC 500 F-EEx и индустриальным компьютером UFC 500P.

4.2 Рабочая жидкость – нефтепродукты.

Примечание – Запрещается проводить поверку УЗР при расходе нефтепродукта ниже значения расхода ($Q_{протеч}$, м^3/ч), при котором проведена проверка ТПУ на отсутствие протечек во время ее последней поверки. Значение $Q_{протеч}$ берут из протокола последней поверки ТПУ.

4.3 Содержания свободного газа в нефтепродукте не допускают.

4.4 Избыточное давление в трубопроводе после УЗР и ТПУ ($Р^{наим}$, МПа) в процессе поверки: не менее значения, определяемого по формуле

$$Р^{наим} = 2 \times Р^{н} + 0{,}1 \text{ МПа}, \quad (1)$$

где $Р^{н}$ - давление насыщенных паров нефтепродукта, определенное по ГОСТ 1756 (ИСО 3007) при его максимальной температуре на УУНП, МПа;

Примечание – Значение $Р^{наим}$ определяет химико-аналитическая лаборатория ежегодно, исходя от максимальной температуры нефтепродукта, имеющей место в течение сезона (зима-лето). Значение $Р^{наим}$ записывают в паспорт УУНП. В случае изменения максимальной температуры нефтепродукта значение $Р^{наим}$ определяют повторно, в паспорт УУНП вносят изменения.

4.5 Изменение температуры нефтепродукта за время одного измерения: не более 0,2 °С.

4.6 Отклонение расхода нефтепродукта от установленного значения в процессе поверки за время одного измерения: не более 2,5 %. Значение расхода контролируют по монитору индустриального компьютера UFC 500P или СОИ (АРМ-оператора).

Примечания

1 Прохождение шарового поршня для однонаправленной ТПУ от детектора «пуск» до детектора «стоп» принимают за одно измерение, а для двунаправленной ТПУ за одно измерение принимают прохождение поршня в прямом и обратном направлениях (от детектора «пуск» до детектора «стоп» и обратно).

2 Если в свидетельстве о поверке ТПУ указаны метрологические характеристики (далее –МХ) для каждого направления движения шарового поршня, то пуск поршня в каждом направлении принимают за одно измерение.

3 Если применяют ТПУ с двумя парами детекторов и в свидетельстве о поверке ТПУ указаны МХ для двух пар детекторов, то описанные выше операции проводят, используя одновременно обе пары детекторов. При этом одно прохождение поршня принимают за два измерения.

4.7 Температура и влажность окружающей среды, параметры питающей электрической сети соответствуют условиям эксплуатации УУНП и ТПУ, указанным в паспортах и эксплуатационных документах на них.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 Проверяют правильность соединений поверяемого УЗР с ТПУ, средств поверки и оборудования в соответствии с принципиальной схемой, приведенной на рисунке 1.

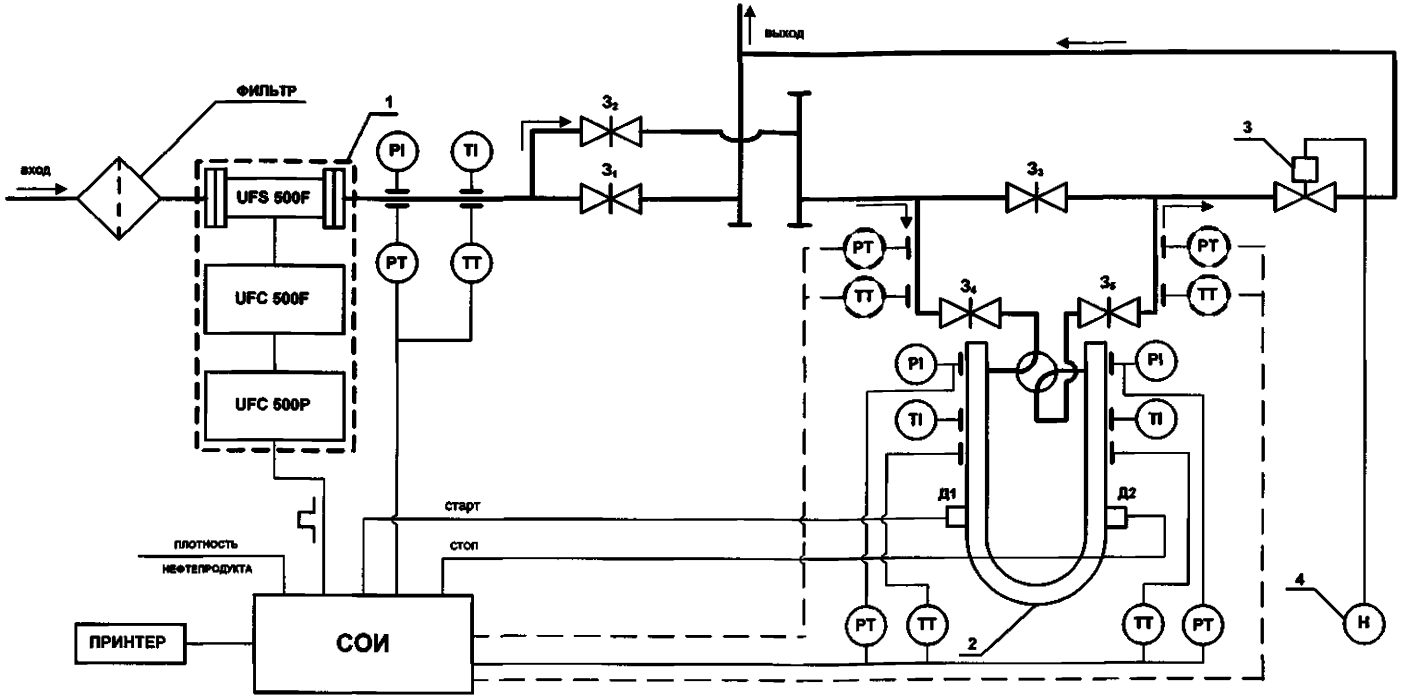
Поверяемый УЗР и ТПУ соединяют последовательно.

Расположение ТПУ по отношению к УЗР определяют при проектировании УУНП.

Примечание – ТПУ рекомендуется располагать после поверяемого УЗР по направлению движения нефтепродукта.

5.2 Проводят необходимые соединения и коммутации средств измерений, применяемых при поверке, в соответствии с эксплуатационными документами.

5.3 Проводят проверку правильности заземления поверяемого УЗР в соответствии с инструкцией по эксплуатации и целостности заземляющих проводов.



1 – поверяемый УЗР (в комплекте); 2 – ТПУ; 3 – регулятор расхода; 4 – орган управления регулятором расхода; $З_1$, $З_2$, $З_3$, $З_4$, $З_5$ – запорная арматура; Д1, Д2 – детекторы; СОИ – система обработки информации; PI – манометры; TI – термометры стеклянные; PT – преобразователи давления; TT – преобразователи температуры.

Примечание – В случае отсутствия на ТПУ преобразователей PT и TT допускается использовать PT и TT, установленные на технологических отводах, предназначенных для подключения ТПУ (на схеме показаны пунктиром).

Рисунок 1 – Принципиальная схема соединений поверяемого УЗР и средств поверки

5.4 Устраняют возможность утечек нефтепродукта на участке трубопровода между УЗР и ТПУ, между входом и выходом ТПУ. Задвижки, расположенные на линиях, соединяющих эти участки с другими трубопроводами, или на ответвлениях между входом и выходом ТПУ, обеспечивают средствами (устройствами) контроля их герметичности.

5.5 Проверяют отсутствие газа и воздуха в ТПУ и фильтре измерительной линии поверяемого УЗР, а также в верхней точке трубопровода, соединяющего УЗР и ТПУ. Для этого устанавливают расход нефтепродукта через УЗР и ТПУ в пределах рабочего диапазона и открывают кран (вентиль), расположенный в верхней точке трубопровода. Несколько раз пускают поршень в ТПУ до полного прекращения выделения пузырьков воздуха или газа из струи нефтепродукта.

5.6 Проверяют герметичность системы, состоящей из ТПУ, УЗР, запорной арматуры и трубопроводов. Для этого устанавливают наибольший расход нефтепродукта при рабочем давлении на выходе измерительной линии (перед регулятором расхода). Не допускается появление капель или утечки нефтепродукта через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 минут. Контролируют герметичность устройства переключения направления потока (четырехходового крана) ТПУ в соответствии с эксплуатационной документацией. Контролируют герметичность запорной арматуры, через которые возможны утечки нефтепродукта, влияющие на результаты измерений при поверке. При отсутствии средств контроля или невозможности устранения утечек на такие задвижки устанавливают заглушки (или проверяют наличие заглушек).

5.7 Проверяют стабильность температуры нефтепродукта. Температуру считают стабильной, если ее изменение в измерительной линии поверяемого УЗР, на входе и выходе ТПУ за время одного измерения не превышает 0,2 ^{0}С.

5.8 Вводят в память СОИ исходные данные для поверяемого УЗР, ТПУ и нефтепродукта согласно приложению А или проверяют ранее введенные.

Примечание – При первичной поверке УЗР на месте эксплуатации в память СОИ дополнительно вводят значение коэффициента преобразования УЗР, вычисленное по формуле

$$K_{СОИ} = \frac{1000}{K_{УЗР}}, \qquad (2)$$

где $K_{СОИ}$ - **значение коэффициента преобразования поверяемого УЗР, вводимое в память СОИ, имп/м^3;**

$K_{УЗР}$ - **значение коэффициента преобразования поверяемого УЗР из паспорта или фирменного сертификата градуировки, дм^3/имп.**

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие поверяемого УЗР требованиям:

- комплектность соответствует перечню, указанному в паспорте и эксплуатационном документе;

- на первичном измерительном преобразователе UFS 500 F-EEx и вторичных измерительных преобразователях UFC 500 F-EEx отсутствуют механические повреждения и дефекты покрытий, препятствующие его применению;

- надписи и обозначения на первичном измерительном преобразователе UFS 500 F-EEx и вторичных измерительных преобразователях UFC 500 F-EEx четкие и соответствуют требованиям эксплуатационных документов;

- кабели от первичного преобразователя UFS 500 F-EEx до вторичных измерительных преобразователей UFC 500 F-EEx, от вторичных измерительных преобразователей UFC 500 F-EEx до индустриального компьютера UFC 500P, заземляющие провода на первичном и вторичном преобразователях не имеют механических повреждений.

При первичной поверке после ремонта первичного преобразователя UFS 500 F-EEx или одного из вторичных измерительных преобразователей UFC 500 F-EEx проверяют:

- правильность установки и монтажа на измерительной линии первичного преобразователя UFS 500 F-EEx в соответствии с эксплуатационным документом на преобразователь;

- длину кабелей от первичного преобразователя UFS 500 F-EEx до вторичных измерительных преобразователей UFC 500 F-EEx, (не более 10 м).

6.2 Опробование

6.2.1 Устанавливают произвольное значение расхода, находящееся в рабочем диапазоне расхода для УЗР, и проверяют на мониторе индустриального компьютера индикацию скорости ультразвука по каждому акустическому каналу измерений. При этом относительное отклонение минимального и максимального значения скоростей по каналам: не более 0,4 %.

6.2.2 Проводят контроль работы УЗР в нулевой точке расхода. Для чего закрывают задвижки на входе и выходе измерительной линии поверяемого УЗР, выдерживают интервал времени не менее 10 минут. Значение объемного расхода, измеренное поверяемым УЗР и индицированное на экране монитора индустриального компьютера: не более 1,0 % от минимального расхода, указанного в паспорте на поверяемый УЗР.

6.2.3 При несоблюдении условий 6.2.1 и 6.2.2 выясняют причины и устраняют их. В случае невыяснения причин или невозможности их устранения поверку прекращают.

6.2.4 Повторно устанавливают значение расхода, соответствующее любой точке рабочего диапазона расхода поверяемого УЗР. По команде с АРМ-оператора «опробование» запускают поршень ТПУ.

При прохождении поршня через детектор «пуск» в СОИ начинается отсчет количества импульсов, поступающих от поверяемого УЗР ($N_{УЗР_проб}$). При прохождении детектора «стоп» в СОИ отсчет количества импульсов $N_{УЗР_проб}$ прекращается.

Результаты измерений $N_{УЗР_проб}$ и объема нефтепродукта, измеренного поверяемым УЗР ($V_{УЗР_проб}$, м^3), индицируются на экране монитора АРМ-оператора. На экранах мониторов индустриального компьютера и АРМ-оператора индицируется значение среднего объемного расхода, измеренное поверяемым УЗР ($Q_{УЗР_проб}$, м^3/ч) за период пробного измерения.

6.2.5 Расход нефтепродукта во время поверки устанавливают в автоматическом режиме при помощи автоматического регулятора расхода (при его наличии на УУНП согласно проекту) или в ручном режиме запорной арматурой, установленной после ТПУ по направлению движения нефтепродукта.

Примечание - При поверке автоматический регулятор расхода на измерительной линии поверяемого УЗР (при его наличии) открывают на 100% и выводят из режима автоматического регулирования давления, чтобы исключить создание перепада давления на регуляторе расхода (т.е. между поверяемым УЗР и ТПУ).

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 МХ и градуировочную характеристику (далее – ГХ) УЗР определяют при крайних значениях расхода рабочего диапазона ($Q_{min.раб}$, м^3/ч, $Q_{max.раб}$, м^3/ч) и значениях, выбранных внутри него. Точки рабочего диапазона выбирают с интервалом не более 20% от верхнего предела измерений поверяемого УЗР. Количество точек выбирают в зависимости от величины рабочего диапазона, от крутизны ГХ УЗР и исходя из технических возможностей СОИ.

При каждой поверке значения $Q_{min.раб}$ (м^3/ч) и $Q_{max.раб}$ (м^3/ч) устанавливают в соответствии со значениями, указанными в справке произвольной формы, предоставленной владельцем УУНП.

Для определения МХ УЗР для каждой установленной точки расхода (начиная от $Q_{min.раб}$ в сторону увеличения расхода или от $Q_{max.раб}$ в сторону уменьшения расхода) выполняют операции по 6.3.2-6.3.7.

6.3.2 Используя АРМ-оператора, устанавливают количество поверяемых точек (m) по 6.3.1.

6.3.3 По дисплею индустриального компьютера или АРМ-оператора, используя результаты измерений поверяемым УЗР, устанавливают значение требуемого расхода (Q_j, м^3/ч).

6.3.4 Установленную величину расхода по времени прохождения поршня через калиброванный участок ТПУ ($Q_{ТПУj}$, м^3/ч) контролируют по формуле

$$Q_{ТПУj} = \frac{V_{прj}^{ТПУ} \times 3600}{T_j^{ДД}} \quad , \qquad (3)$$

где $V_{прj}^{ТПУ}$ - вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к условиям измерений объема поверяемым УЗР в j-й точке расхода, м^3. Значение $V_{прj}^{ТПУ}$ вычисляют по формуле (5);

$T_j^{ДД}$ - время прохождения поршня от детектора «пуск» до детектора «стоп» (время одного измерения) в j-й точке расхода, измеренное СОИ, с.

При необходимости значение расхода корректируют регулятором расхода или запорной арматурой по 6.2.5, контролируя его значение в соответствии с 6.3.4.

Примечание – Допускается устанавливать и контролировать значение поверочного расхода в соответствии с приложением Б.

6.3.5 После стабилизации расхода, используя АРМ-оператора, устанавливают количество измерений в каждой точке расхода n_j ($n_j \geq 5$), и проводят пуск поршня ТПУ. При прохождении поршнем детектора «пуск» в СОИ начинается отсчет количества импульсов, поступающих от поверяемого УЗР ($N_{ij}^{УЗР}$, имп), и времени прохождения поршня ТПУ ($T_{ij}^{ДД}$, с). При прохождении поршнем калиброванного участка ТПУ по сигналу детектора «стоп» отсчет $N_{ij}^{УЗР}$ и $T_{ij}^{ДД}$ прекращается.

6.3.6 В процессе измерения (движения поршня от детектора «пуск» до детектора «стоп») в СОИ фиксируют (регистрируют) значения температуры и давления нефтепродукта в УЗР, температуры и давления на входе и выходе ТПУ.

6.3.7 По окончании каждого измерения в СОИ автоматически регистрируют, вычисляют, индицируют на экране монитора АРМ-оператора и записывают в протокол поверки (приложение А) значения:

- температуры нефтепродукта в УЗР, в ТПУ ($t_{ij}^{УЗР}$, $t_{ij}^{ТПУ}$ соответственно), ^{0}С;

- давления нефтепродукта в УЗР, в ТПУ ($P_{ij}^{УЗР}$, $P_{ij}^{ТПУ}$ соответственно), Мпа.

Примечание - $t_{ij}^{ТПУ}$ и $P_{ij}^{ТПУ}$ - средние арифметические значения температуры и давления нефтепродукта на входе и выходе ТПУ соответственно;

- выходной частоты поверяемого УЗР (f_{ij}), Гц;

- среднего расхода через поверяемый УЗР ($\overline{Q}_{ij}$), м^3/ч;

- времени прохождения поршнем ТПУ калиброванного участка ($T_{ij}^{ДД}$), с;

- количества импульсов, полученного от поверяемого УЗР ($N_{ij}^{УЗР}$), имп;

- коэффициента преобразования УЗР ($K_{ij}^{УЗР}$), имп/м^3;

- плотности нефтепродукта, измеренной поточным плотномером (ρ_{ij}), кг/м^3;

- температуры нефтепродукта в поточном плотномере ($t_{ij}^{ПП}$), °С;

- вместимости (объема) калиброванного участка ТПУ, приведенной к условиям измерений объема нефтепродукта поверяемым УЗР $\left(V_{ij}^{ТПУ}\right)$, м^3.

Примечания

1 При отсутствии или отказе поточных плотномеров (ПП) до проведения операций по 6.3.3 – 6.3.6 проводят отбор пробы нефтепродукта по ГОСТ 2517, определяют плотность ($\rho_{лаб}$, кг/м^3) и температуру ($t_{\rho лаб}$, °С) нефтепродукта по МИ 2823 в химико-аналитической лаборатории. Значения $\rho_{лаб}$ и $t_{\rho лаб}$ вводят в СОИ и записывают в протокол поверки (приложение А).

Результаты измерений плотности представляют в виде справки произвольной формы, подписанной руководителем лаборатории.

2 Плотность нефтепродукта, измеренную ПП или в химико-аналитической лаборатории, приводят в СОИ или вручную к рабочим условиям в ТПУ (температура и давление) по МИ 2632 или МИ 2823.

6.3.8 Для каждой точки диапазона расхода проводят не менее пяти измерений.

6.3.9 Операции по 6.3.3 – 6.3.8 проводят во всех выбранных точках рабочего диапазона расхода в соответствии с 6.3.1.

7 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

При обработке результатов измерений определяют коэффициенты преобразования УЗР, оценивают среднее квадратическое отклонение (далее - СКО) случайной составляющей погрешности определения коэффициентов преобразования, неисключенную систематическую и случайную составляющие погрешности, оценивают относительную погрешность.

7.1 Вычисление коэффициентов преобразования

7.1.1 Коэффициент преобразования ($K_{ij}^{УЗР}$, имп/м^3) при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона вычисляют по формуле

$$K_{ij}^{УЗР} = \frac{N_{ij}^{УЗР}}{V_{ij}^{ТПУ}}, \qquad (4)$$

где $V_{ij}^{ТПУ}$ - значение вместимости калиброванного участка ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона, приведенное к условиям поверки УЗР (температура и давление в УЗР), м^3.

7.1.1.1 Значение $V_{ij}^{ТПУ}$ вычисляют по формуле

$$V_{ij}^{ТПУ} = V_0^{ТПУ} \times k_{ij}^{tP}, \qquad (5)$$

где $V_0^{ТПУ}$ - значение вместимости калиброванного участка ТПУ при нормальных условиях из свидетельства о поверке ТПУ, м^3;

k_{ij}^{tP} - поправочный коэффициент для приведения вместимости калиброванного участка ТПУ к условиям поверки УЗР при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона.

7.1.1.2 Значение k_{ij}^{tP} вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{tP} = k_{ij}^{t} \times k_{ij}^{P} \times k_{ij}^{\Delta tж} \times k_{ij}^{\Delta Pж}, \qquad (6)$$

где k_{ij}^{t} - коэффициент, учитывающий влияние температуры нефтепродукта на вместимость калиброванного участка ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона и вычисляемый по формуле (7);

k_{ij}^{P} - коэффициент, учитывающий влияние давления нефтепродукта на вместимость калиброванного участка ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона и вычисляемый по формуле (8);

$k_{ij}^{\Delta tж}$ - коэффициент, учитывающий разность температуры нефтепродукта в УЗР и ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона и вычисляемый по формуле (9);

$k_{ij}^{\Delta Pж}$ - коэффициент, учитывающий разность давления нефтепродукта в УЗР и ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке рабочего диапазона и вычисляемый по формуле (10).

7.1.1.2.1 Значение k_{ij}^{t} вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{t} = 1 + 3\alpha_t \times \left(t_{ij}^{ТПУ} - 20\right), \qquad (7)$$

где α_t - коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, $^0C^{-1}$ (определяют по приложению В.

7.1.1.2.2 Значение k_{ij}^{P} вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{P} = 1 + \frac{0{,}95 \times D_{ТПУ}}{E \times s_{ТПУ}} \times P_{ij}^{ТПУ}, \qquad (8)$$

где $D_{ТПУ}$ и $s_{ТПУ}$ - внутренний диаметр и толщина стенок калиброванного участка ТПУ соответственно, мм (из эксплуатационной документации ТПУ);

E - модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа (из приложения В).

7.1.1.2.3 Значение $k_{ij}^{\Delta tж}$ вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{\Delta tж} = 1 + \beta_{ij}^{ж} \times \left(t_{ij}^{УЗР} - t_{ij}^{ТПУ}\right), \qquad (9)$$

где $\beta_{ij}^{ж}$ - коэффициент объемного расширения нефтепродукта, $^0C^{-1}$.

7.1.1.2.4 Значение $k_{ij}^{\Delta Pж}$ вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{\Delta Pж} = 1 - \gamma_{ij}^{ж} \times \left(P_{ij}^{УЗР} - P_{ij}^{ТПУ}\right), \qquad (10)$$

где $\gamma_{ij}^{ж}$ - коэффициент сжимаемости нефтепродукта, $МПа^{-1}$.

7.1.1.3 Коэффициенты объемного расширения ($\beta_{ij}^{ж}$) и сжимаемости ($\gamma_{ij}^{ж}$) нефтепродукта определяют по алгоритмам в соответствии с МИ 2632 или МИ 2823 для каждого i-го измерения в каждой j-й точке расхода.

При разности значений температуры в формуле (9) менее 2 °С допускается для определения $\beta_{ij}^{ж}$ пользоваться таблицей Г.1.

При разности значений давления в формуле (10) менее 0,5 МПа допускается для определения $\gamma_{ij}^{ж}$ пользоваться таблицей Г.2.

7.1.1.4 Вычисления значений $V_{ij}^{ТПУ}$ проводят согласно соответствующим алгоритмам, реализованным в СОИ (вычислителе расхода), или вручную – при отсутствии соответствующего алгоритма в СОИ.

7.1.2 Среднее значение коэффициента преобразования в каждой j-й точке рабочего диапазона ($\overline{K}_j^{УЗР}$, имп/м^3) вычисляют по формуле

$$\overline{K}_j^{УЗР} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}^{УЗР} \ . \qquad (11)$$

7.2 Оценивание СКО случайной составляющей погрешности

7.2.1 СКО случайной составляющей погрешности определений коэффициентов преобразования УЗР в каждой точке расхода рабочего диапазона ($S_j^{УЗР}$, %) вычисляют по формуле

$$S_j^{УЗР} = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1} \times \sum_{i=1}^{n_j} \left(K_{ij}^{УЗР} - \overline{K}_j^{УЗР}\right)^2} \times \frac{100}{\overline{K}_j^{УЗР}} \ . \qquad (12)$$

7.2.2 Проверяют выполнение условия

$$S_j^{УЗР} \le 0{,}05\ \%. \qquad (13)$$

7.2.3 В случае невыполнения условия (13) анализируют причины и выявляют промахи согласно приложению Д.

Допускают не более одного промаха из количества измерений, выполненных в точке расхода. В противном случае поверку прекращают.

7.2.4 После исключения промаха (при необходимости) количество измерений в точке расхода доводят до значения , указанного в 6.3.8.

7.2.5 Проводят повторное оценивание СКО по 7.2.1 – 7.2.3. При повторном несоблюдении условия (13) поверку прекращают.

7.2.6 При соблюдении условия (13) после выполнения операций по 7.2.2 или 7.2.5 проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

7.3 Определение и реализация градуировочной характеристики УЗР

ГХ УЗР – функция, описывающая зависимость коэффициента преобразования УЗР (K, имп/м^3) от значения расхода нефтепродукта (Q, м^3).

7.3.1 В память СОИ вводят вычисленные по формуле (11) значения $\overline{K}_j^{УЗР}$ и соответствующие значения $\overline{Q}_j$ (м^3/ч), при которых определены значения $\overline{K}_j^{УЗР}$. $\overline{Q}_j$ определяют как среднее арифметическое значений $\overline{Q}_{ij}$ количества измерений в точке расхода, равного $n_j^{пов}$.

7.3.2 ГХ УЗР в рабочем диапазоне расхода реализуют в СОИ в виде ломаной линии, соединяющей значения $\overline{K}_j^{УЗР}$, введенные в память СОИ. В каждом поддиапазоне расхода ГХ имеет вид прямой линии, соединяющей значения $\overline{K}_j^{УЗР}$ и $\overline{K}_{j+1}^{УЗР}$.

7.4 Определение случайной составляющей погрешности

7.4.1 Случайную составляющую погрешности УЗР (далее – случайная погрешность) определяют для каждого k –го поддиапазона расхода, для чего:

7.4.1.1 Вычисляют случайную погрешность для каждой j-й точки расхода при доверительной вероятности P = 0,95 (ε_j, %) по формуле

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \times S_j^{УЗР}, \qquad (14)$$

где $t_{0,95j}$ - коэффициент Стьюдента, значение которого выбирают из таблицы Д.2.

7.4.1.2 Случайную погрешность для каждого k –го поддиапазона расхода определяют по формуле

$$\varepsilon_{ПДk} = \max\left(\varepsilon_{1k}, \varepsilon_{2k}\right), \qquad (15)$$

где $\varepsilon_{ПДk}$ - случайная погрешность УЗР в k-м поддиапазоне расхода, %;

ε_{1k}, ε_{2k} - значения случайных погрешностей в первой (начальной) и второй (конечной) точках расхода для k –го поддиапазона, вычисленные по формуле (14), %.

Примечание – В формуле (15) используют максимальное значение случайной погрешности из двух значений, определенных для точек расхода *k*-го поддиапазона.

7.5 Определение неисключенной систематической погрешности

7.5.1 Неисключенную систематическую погрешность УЗР для каждого k-го поддиапазона ($\Theta_{\Sigma\Pi Дk}$, %) вычисляют по формуле

$$\Theta_{\Sigma\Pi Дk} = 1{,}1 \times \sqrt{\Theta_{\Sigma o}^2 + \Theta_{Vo}^2 + \Theta_t^2 + (\delta_{СОИ}^{(K)})^2 + \Theta_{АПДk}^2}, \qquad (16)$$

где $\Theta_{\Sigma o}$ - граница суммарной составляющей неисключенной систематической погрешности ТПУ, % (берут из свидетельства о поверке);

Θ_{Vo} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ, % (берут из свидетельства о поверке);

$\delta_{СОИ}^{(K)}$ - предел допускаемой относительной погрешности вычислений коэффициентов преобразования УЗР в СОИ, % (берут из свидетельства о поверке или из протокола поверки СОИ).

Примечание – В случае обработки результатов поверки УЗР в АРМ-оператора значение $\delta_{СОИ}^{(K)}$ равно пределу допускаемой относительной погрешности вычислений коэффициентов преобразования УЗР программного комплекса АРМ-оператора (не более 0,05 %);

Θ_t - граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, %, вычисляют по формуле (17);

$\Theta_{АПДk}$ - граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью аппроксимации ГХ для k-го поддиапазона, % (вычисляют по формуле (18)).

7.5.1.1 Значение Θ_t вычисляют по формуле

$$\Theta_t = \beta_{max}^{ж} \times \sqrt{\Delta t_{УЗР}^2 + \Delta t_{ТПУ}^2} \times 100, \qquad (17)$$

где $\beta_{max}^{ж}$ - максимальное значение коэффициента объемного расширения нефтепродукта, выбранное из ряда значений, определенных по 7.1.1.3 по значениям плотности и температуры нефтепродукта при всех измерениях во всех точках рабочего диапазона, $^0C^{-1}$;

$\Delta t_{УЗР}$, $\Delta t_{ТПУ}$ - пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры в измерительной линии УЗР и ТПУ соответственно (берут из свидетельств о поверке преобразователей температуры), ^0C.

7.5.1.2 Значение $\Theta_{АПДk}$ вычисляют по формуле

$$\Theta_{АПДk} = \frac{1}{2} \times \left| \frac{\overline{K}_j^{УЗР} - \overline{K}_{j+1}^{УЗР}}{\overline{K}_j^{УЗР} + \overline{K}_{j+1}^{УЗР}} \right| \times 100. \qquad (18)$$

7.6 Определение относительной погрешности УЗР

7.6.1 Относительную погрешность ($\delta_{ПДk}$, %) определяют для каждого k-го поддиапазона расхода по формуле

$$\delta_{ПДk} = \begin{cases} Z_{ПДk} \times \left(\Theta_{\Sigma ПДk} + \varepsilon_{ПДk}\right) & \text{при } 0{,}8 \le \Theta_{\Sigma ПДk} / S_{ПДk}^{УЗР} \le 8; \\ \Theta_{\Sigma ПДk} & \text{при } \Theta_{\Sigma ПДk} / S_{ПДk}^{УЗР} > 8. \end{cases} \qquad (19)$$

где $Z_{ПДk}$ - коэффициент, зависящий от значения отношения $\Theta_{\Sigma ПДk} / S_{ПДk}^{УЗР}$ (определяют по таблице Д.3).

Приложение – В формуле (19) используют значение СКО ($S_{ПДk}^{УЗР}$) из ряда значений, вычисленных по формуле (12) для каждой точки в k-м поддиапазоне, и соответствующее значению $\varepsilon_{ПДk}$ согласно формуле (15).

7.6.2 Для каждого поддиапазона расхода проверяют соблюдение условия

$$\delta_{ПДk} \le 0{,}15\ \%. \qquad (20)$$

7.6.3 Положительными результатами поверки принимают выполнение условия (20).

7.6.4 В случае невыполнения условия (20) при наличии возможности в СОИ увеличивают количество точек рабочего диапазона (т.е увеличивают количество поддиапазонов и сужают поддиапазоны) и проводят повторные операции по 6.3 и разделу 7.

7.6.5 При повторном невыполнении условия (20) поверку прекращают.

7.7 Перечень формул, используемых при расчете в настоящей рекомендации, приведен в приложении Е.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Положительные результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А. Один экземпляр протокола поверки, удостоверенный подписью поверителя и оттиском клейма поверительного, прилагают к свидетельству о поверке как обязательное приложение.

Примечание – При оформлении протокола поверки средствами вычислительной техники допускается форму протокола поверки представлять в измененном виде согласно условиям заполнения колонок протокола поверки приложения А.

8.2 При положительных результатах поверки по 7.6.3 оформляют свидетельство о поверке УЗР в соответствии с ПР 50.2.006.

8.3 На лицевой стороне свидетельства о поверке записывают, что УЗР типа Altosonic-5, зав. № .... на основании результатов поверки признан годным и допущен к применению с пределами относительной погрешности в поддиапазонах расхода: ±0,15 % .

8.4 На оборотной стороне свидетельства о поверке записывают:

- рабочий диапазон расхода ($м^3$/ч), в котором поверен УЗР;

- значения действительных (определенных при поверке) относительных погрешностей в поддиапазонах (%), значения коэффициентов преобразования УЗР в точках рабочего диапазона (имп/$м^3$) и соответствующие эти точкам значения расхода нефтепродукта ($м^3$/ч).

8.5 Проводят пломбирование УЗР в соответствии с рисунком 2. На пломбы наносят оттиск клейма поверителя в соответствии с ПР 50.2.007.

8.6 Согласно инструкции по эксплуатации в СОИ устанавливают значения коэффициентов преобразования УЗР, вычисленные по формуле (11), и значения расхода, соответствующие точкам разбиения рабочего диапазона на поддиапазоны.

8.7 При отрицательных результатах поверки УЗР к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют, клеймо гасят и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006.

Примечания:

1 f_{ij} **и** f_j **измеряют и вычисляют до третьего знака после запятой.**

2 Значения $\overline{Q}_{ij}$, $\overline{Q}_j$ **вычисляют до второго знака после запятой.**

3 Значения $K_{СОИ}$, $K_{ij}^{УЗР}$, $\overline{K}_j^{УЗР}$ **(имп/$м^3$) вычисляют до пятого знака после запятой и округляют до четвертого знака после запятой.**

4 Значение количества импульсов $N_{ij}^{УЗР}$ **измеряют с долями периодов (до третьего знака после запятой).**

5 Значение $S_j^{УЗР}$ **(%) вычисляют до четвертого знака после запятой и округляют до третьего знака после запятой.**

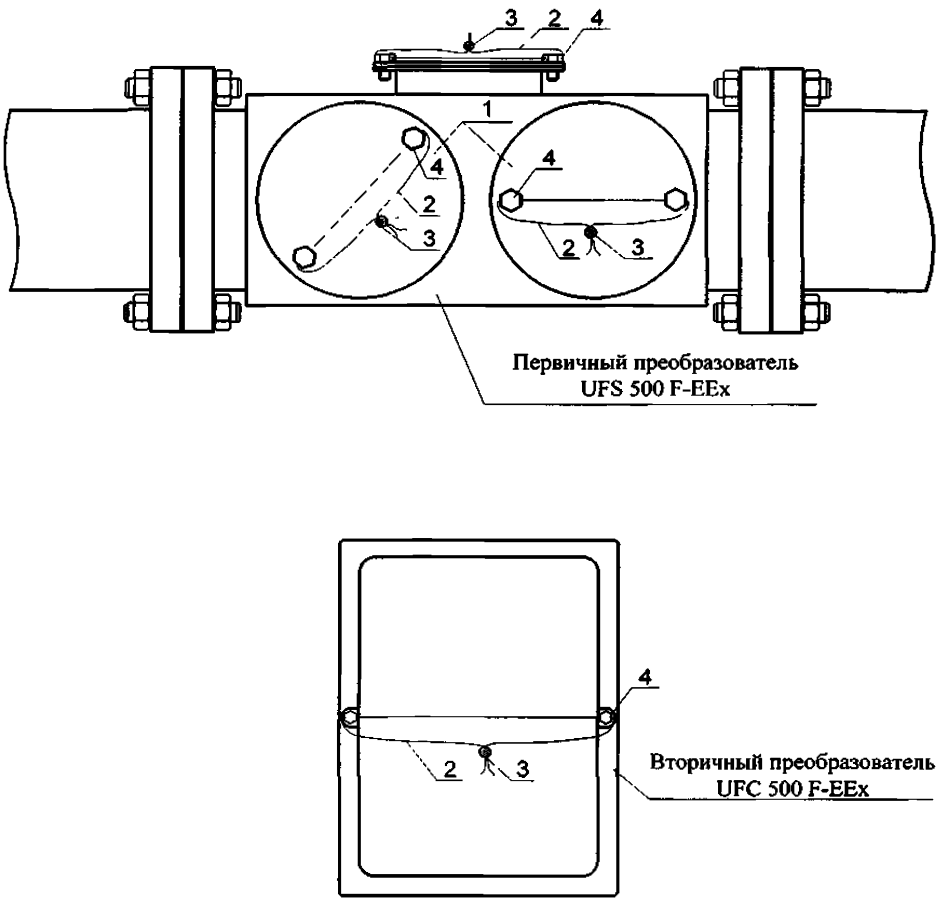
6 Значение объема $V_{ij}^{ТПУ}$ **($м^3$) вычисляют до четвертого знака после запятой.**

7 Значения k_{ij}^{tP}, k_{ij}^{t}, k_{ij}^{P}, $k_{ij}^{\Delta tж}$, $k_{ij}^{\Delta Pж}$ **вычисляют до пятого знака после запятой.**

8 Значения ε_j, $\varepsilon_{ПДk}$, $\Theta_{\Sigma ПДk}$, $\delta_{ПДk}$ **(%) вычисляют до третьего знака после запятой, значение** $\delta_{ПДk}$ **(%) округляют до второго знака после запятой.**

9 Значения температуры (^{0}C) вычисляют до второго знака после запятой и округляют до одного знака после запятой.

10 Значения давления (МПа) вычисляют до третьего знака после запятой и округляют до второго знака после запятой.



Примечание - Остальные крепежные детали на крышках первичного и вторичного преобразователей и фланцах условно не показаны

1 - съемные крышки для обслуживания ультразвуковых датчиков (4 шт.); 2 – контровочные проволоки; 3 - пломбы; 4 - крепежные детали (болт или шпилька)

Рисунок 2 - Пломбирование УЗР типа «Altosonic - 5»

ПРИЛОЖЕНИЕ А

П Р О Т О К О Л № ____
поверки УЗР трубопоршневой поверочной установкой
(форма)

Место проведения поверки (УУНП, ЛПДС): .... УУНП № ..... ИЛ № ....
УЗР: ALTOSONIC-5M, UFS500 № ....., UFC500 № ....., UFC500P № ....., $K_{УЗР}$ =.....
Принадлежит .....
Компакт-прувер: Тип ..... Разряд ....., Зав. № ..... Компаратор: Тип ..... Зав. № .....
Рабочая жидкость ..... $Q_{minраб}$=..... м³/ч; $Q_{maxраб}$=..... м³/ч.

Таблица 1 – Исходные данные

Трубопоршневой установки (ТПУ)									СОИ	УЗР	Нефтепродукта	
Детекторы	$V_0^{ТПУ}$, м³	$D_{ТПУ}$, мм	$s_{ТПУ}$, мм	E, МПа	α_t, °C⁻¹	$\Theta_{\Sigma 0}$, %	Θ_{V0}, %	$\Delta t_{ТПУ}$, °C	$\delta_{СОИ}^{(K)}$, %	$\Delta t_{УЗР}$, °C	$\rho_{лаб}$, кг/м³	$t_{олаб}$, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№ точ./ № изм. j/i	$\overline{Q}_{ij}$, м³/ч	по Т П У					по У З Р				
		Детекторы	$T_{ij}^{ДД}$, с	$t_{ij}^{ТПУ}$, °C	$P_{ij}^{ТПУ}$, МПа	$V_{ij}^{ТПУ}$, м³	f_{ij}, Гц	$t_{ij}^{УЗР}$, °C	$P_{ij}^{УЗР}$, МПа	$N_{ij}^{УЗР}$, имп	$K_{ij}^{УЗР}$, имп/м³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/1											
...											
1/n_1											
...											
m/1											
...											
m/n_m											

Продолжение таблицы 2

№ точ/ № изм j/i	по ПП	
	ρ_{ij} кг/м³	$t_{ij}^{ПП}$, °C
1	13	14
1/1		
...		
1/n_1		
...		
m/1		
...		
m/n_m		

Таблица 3 – Результаты поверки в точках расхода

№ точки (j)	$\overline{Q}_j$, м³/ч	f_j, Гц	$\overline{K}_j^{УЗР}$, имп/м³	$S_j^{УЗР}$, %	ε_j, %
1	2	3	4	5	6
1					
2					
...					
m					

Таблица 4 - Результаты поверки в поддиапазонах (ПД)

№ ПД (k)	$Q_{min\,k}$, м³/ч	$Q_{max\,k}$, м³/ч	$\varepsilon_{ПДk}$, %	$\Theta_{АПДk}$, %	$\Theta_{\Sigma ПДk}$, %	$\delta_{ПДk}$, %
1	2	3	4	5	6	7
1						
...						
m-1						

Заключение: УЗР к дальнейшей эксплуатации (годен, не годен) _____

Лицо, проводившее поверку _____ _____ _____
должность подпись И.О. Фамилия

Дата поверки «____» _____ 20____ г.

Приложение А
(окончание)
Пояснения к оформлению протокола поверки

А.1 Вводная часть. Значение $K_{УЗР}$ (дм^3/имп) записывают только при первичной поверке УЗР на месте эксплуатации (на УУНП).

А.2 Заполнение таблицы 1

А.2.1 В колонку 1 вносят направление движения шарового поршня ТПУ между детекторами, в колонку 2 - значение объема калиброванного участка ТПУ между детекторами при нормальных условиях. Если в свидетельстве о поверке ТПУ указаны несколько значений объемов, то в колонку 1 построчно вносят направления движения поршня, например, 1-2, 2-1, 1-2-1, 1-3, 2-4, 1-3-1, 2-4-2 и т.д. В этом случае в колонку 2 вносят значения объема калиброванного участка ТПУ при нормальных условиях, соответствующие направлениям движения поршня.

А.2.2 В колонки 3 - 8 вносят технические данные и составляющие погрешности ТПУ (из свидетельств о поверке ТПУ),

А.2.3 В колонку 9 вносят значение пределов допускаемой абсолютной погрешности преобразователей (датчика) температуры, установленных на ТПУ.

А.2.4 В колонку 10 вносят значение пределов допускаемой относительной погрешности вычисления коэффициента преобразования УЗР в СОИ или АРМ-оператора.

А.2.5 В колонку 11 вносят значение пределов допускаемой абсолютной погрешности преобразователя (датчика) температуры, установленной на измерительной линии с поверяемым УЗР.

А.2.6 Колонки 12 и 13 заполняют только при отсутствии (или отказе) поточного(ых) плотномера(ов) (ПП), установленного(ых) на УУНП. В колонку 12 вносят значение плотности нефтепродукта, измеренное (определенное) в химлаборатории ареометром, в колонку 13 - значение температуры нефтепродукта при измерениях плотности ареометром (примечание к 6.3.7).

А.3 Заполнение таблицы 2

А.3.1 В колонки 2 – 12 вносят результаты каждого i-го измерения каждой j-й точки расхода по 6.3.7.

А.3.2 В колонки 13 и 14 вносят результаты измерений плотности ПП и температуры нефтепродукта в ПП (при каждом i-м измерении для каждой j-й точки расхода по 6.3.7) – при наличии в составе УУНП поточного(ых) плотномера(ов).

А.4 Заполнение таблицы 3

А.4.1 В колонку 2 вносят значения расхода для каждой точки по 7.3.1.

А.4.2 В колонку 3 вносят среднее значение (за n измерений) выходной частоты поверяемого УЗР для каждой j-й точки расхода.

А.4.2 В колонки 4, 5 и 6 вносят значения для каждой точки расхода, вычисленные по формулам (11), (12) и (14) соответственно.

А.5 Заполнение таблицы 4

А.5.1 В колонки 2 и 3 вносят значения расхода крайних точек поддиапазона. При этом конечная точка первого поддиапазона является начальной точкой второго поддиапазона и т. д.

А.5.2 В колонки 4 – 7 вносят значения погрешностей для каждого поддиапазона, вычисленные по формулам (15), (18), (16) и (19) соответственно.

Примечание – Допускается протокол оформлять на листе(ах) альбомного формата.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Установление и контроль значения поверочного расхода по результатам измерений поверяемым УЗР

Б.1 При выполнении операций по 6.3.4 одновременно (за период движения поршня ТПУ от детектора «пуск» до детектора «стоп») с помощью индустриального компьютера или АРМ-оператора регистрируют значение расхода, измеренное поверяемым УЗР (Q_j, м^3/ч).

Б.2 Для каждой j-й точки расхода рабочего диапазона вычисляют коэффициент коррекции расхода (k_j^Q) по формуле

$$k_j^Q = 1 - \frac{Q_j - Q_{ТПУj}}{Q_{ТПУj}}, \qquad (Б.1)$$

где $Q_{УЗРj}$ - значение расхода жидкости по Б.1;

$Q_{ТПУj}$ - значение расхода жидкости по 6.3.4 (формула 3) настоящей рекомендации.

Б.3 Вычисляют скорректированное значение расхода ($Q_j^{корр}$, м^3/ч) по формуле

$$Q_j^{корр} = k_j^Q \times Q_j. \qquad (Б.2)$$

Б.4 Устанавливают значение поверочного расхода ($Q_j^{корр}$, м^3/ч), контролируя его по результатам измерений поверяемым УЗР.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Коэффициенты линейного расширения (α_t) и модули упругости (Е) материала стенок ТПУ

Материал	α_t, °С$^{-1}$	Е, МПа
Сталь углеродистая	11,2 x 10^{-6}	2,1 x 10^5
Сталь легированная	11,0 x 10^{-6}	2,0 x 10^5
Сталь нержавеющая	16,6 x 10^{-6}	1,0 x 10^5
Латунь	17,8 x 10^{-6}	-
Алюминий	24,5 x 10^{-6}	-
Медь	17,4 x 10^{-6}	-
Примечание – Если значения α_t и Е приведены в паспорте ТПУ, то используют паспортные значения.		

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Коэффициенты объемного расширения и сжимаемости нефтепродуктов (по РД 153-39-011-97)

Таблица Г.1 – Значения коэффициентов объемного расширения нефтепродуктов ($\beta^{ж}$) в зависимости от его плотности

ρ (кг/м^3)	$\beta^{ж}$ (1/°С)	ρ (кг/м^3)	$\beta^{ж}$ (1/°С)	ρ (кг/м^3)	$\beta^{ж}$ (1/°С)
700-719	0,001255	800 - 819	0,000937	900 - 919	0,000688
720-739	0,001183	820 - 839	0,000882	920 - 939	0,000645
740-759	0,001118	840 - 859	0,000831	940 - 959	0,000604
760-779	0,001054	860 - 879	0,000782	960 - 979	0,000564
780-799	0,000995	880 - 899	0,000734	980 - 1000	0,000526

Таблица Г.2 – Значения коэффициента сжимаемости нефтепродуктов ($\gamma^{ж}$)

Наименование нефтепродукта	Коэффициент сжимаемости $\gamma^{ж}$, (1/МПа)
Бензин	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Керосин	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Дизельное топливо	$0,65 \cdot 10^{-3}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Методика анализа результатов измерений, значения коэффициента Стьюдента и коэффициента Z

Для выявления промахов выполняют следующие операции:

Д.1 Определяют СКО результатов вычислений коэффициентов преобразования УЗР ($S_{УЗРj}$) в каждой точке рабочего диапазона по формуле

$$S_{УЗРj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j}\left(K_{ij}^{УЗР} - \overline{K}_j^{УЗР}\right)^2}{n_j - 1}}. \qquad (Д.1)$$

Примечание - При $S_{УЗР\,j} \leq 0,001$ принимают $S_{УЗР\,j} = 0,001$.

Д.2 Для каждого измерения вычисляют соотношение по формуле

$$U_{ij} = \left|\frac{K_{ij}^{УЗР} - \overline{K}_j^{УЗР}}{S_{УЗРj}}\right|. \qquad (Д.2)$$

Д.3 Из ряда вычисленных значений U_{ij} для точки расхода выбирают максимальное значение U_{ijmax}, которое сравнивают с величиной «h», взятой из таблицы Д.1 для объема выборки «n_j».

Таблица Д.1- Критические значения для критерия Граббса (ГОСТ Р ИСО 5725)

n_j	3	4	5	6	7	8	9	10	11
h	1,155	1,481	1,715	1,887	2,020	2,126	2,215	2,290	2,355

Если $U_{ijmax} \geq h$, то подозреваемый результат исключают из выборки как промах, в противном случае результат не исключают.

Таблица Д.2 – Значения коэффициентов Стьюдента $t_{0,95}$ (ГОСТ 8.207)

n_j-1	3	4	5	6	7	8	9	10	12
$t_{0,95}$	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,179

Таблица Д.3 – Значения коэффициентов Z в зависимости от отношения $\Theta_{УПДк}/S_{ПДк}$ при доверительной вероятности P = 0,95 (МИ 2083)

$\Theta_{УПДк}/S_{ПДк}$	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
Z	0,81	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Перечень используемых формул

№№ формул	Ф о р м у л ы
1	$P^{наим} = 2 \times P^{н} + 0{,}1\,МПа$
2	$K_{СОН} = \dfrac{1000}{K_{УЗР}}$
3	$Q_{ТПУj} = \dfrac{V_{прj}^{ТПУ} \times 3600}{T_j^{ДД}}$
4	$K_{ij}^{УЗР} = \dfrac{N_{ij}^{УЗР}}{V_{ij}^{ТПУ}}$
5	$V_{ij}^{ТПУ} = V_0^{ТПУ} \times k_{ij}^{tP}$
6	$k_{ij}^{tP} = k_{ij}^{t} \times k_{ij}^{P} \times k_{ij}^{\Delta tж} \times k_{ij}^{\Delta Pж}$
7	$k_{ij}^{t} = 1 + 3\alpha_t \times \left(t_{ij}^{ТПУ} - 20\right)$
8	$k_{ij}^{P} = 1 + \dfrac{0{,}95 \times D_{ТПУ}}{E \times s_{ТПУ}} \times P_{ij}^{ТПУ}$
9	$k_{ij}^{\Delta tж} = 1 + \beta_{ij}^{ж} \times \left(t_{ij}^{УЗР} - t_{ij}^{ТПУ}\right)$
10	$k_{ij}^{\Delta Pж} = 1 - \gamma_{ij}^{ж} \times \left(P_{ij}^{УЗР} - P_{ij}^{ТПУ}\right)$
11	$\overline{K}_j^{УЗР} = \dfrac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}^{УЗР}$
12	$S_j^{УЗР} = \sqrt{\dfrac{1}{n_j - 1} \times \sum_{i=1}^{n_j} \left(K_{ij}^{УЗР} - \overline{K}_j^{УЗР}\right)^2} \times \dfrac{100}{\overline{\overline{K}}_j^{УЗР}}$
13	$S_j^{УЗР} \le 0{,}05\%$
14	$\varepsilon_j = t_{0{,}95j} \times S_j^{УЗР}$
15	$\varepsilon_{ПДk} = \max\left(\varepsilon_{1k}, \varepsilon_{2k}\right)$
16	$\Theta_{\Sigma ПДk} = 1{,}1 \times \sqrt{\Theta_{\Sigma o}^2 + \Theta_{Vo}^2 + \Theta_t^2 + (\delta_{СОН}^{(K)})^2 + \Theta_{АПДk}^2}$
17	$\Theta_t = \beta_{max}^{ж} \times \sqrt{\Delta t_{УЗР}^2 + \Delta t_{ТПУ}^2} \times 100,$
18	$\Theta_{АПДk} = \dfrac{1}{2} \times \left\lvert \dfrac{\overline{K}_j^{УЗР} - \overline{K}_{j+1}^{УЗР}}{\overline{K}_j^{УЗР} + \overline{K}_{j+1}^{УЗР}} \right\rvert \times 100$
$\delta_{ПДk} =$	$Z_{ПДk} \times \left(\Theta_{\Sigma ПДk} + \varepsilon_{ПДk}\right)$ при $0{,}8 \le \Theta_{\Sigma ПДk} / S_{ПДk}^{УЗР} \le 8$ $\Theta_{\Sigma ПДk}$ при $\Theta_{\Sigma ПДk} / S_{ПДk}^{УЗР} > 8$

Приложение Е
(окончание)

№№ формул	Формулы
20	$\delta_{ПДк} \le 0{,}15\ \%$
Б.1	$k_j^Q = 1 - \frac{Q_{УЗРj} - Q_{ТПУj}}{Q_{ТПУj}}$
Б.2	$Q_j^{корр} = k_j^Q \times Q_{УЗРj}$
Д.1	$S_{УЗРj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} \left(K_{ij}^{УЗР} - \overline{K}_j^{УЗР}\right)^2}{n_j - 1}}$
Д.2	$U_{ij} = \left\| \frac{K_{ij}^{УЗР} - \overline{K}_j^{УЗР}}{S_{УЗРj}} \right\|$

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Перечень условных обозначений и их определений

Обозначения	Пояснения
$P^{наим}$	избыточное давление в трубопроводе после УЗР и ТПУ, МПа
$P^{н}$	давление насыщенных паров нефтепродукта, определенное согласно ГОСТ 1756 (ИСО 3007) при его максимальной температуре на УУНП, МПа
$K_{СОИ}$	значение коэффициента преобразования поверяемого УЗР, вводимое в память СОИ, имп/м^3
$K_{УЗР}$	значение коэффициента преобразования поверяемого УЗР из паспорта или фирменного сертификата градуировки, дм^3/имп
$N_{УЗР_проб}$	количество импульсов от поверяемого УЗР при опробовании, имп
$V_{УЗР_проб}$	объем нефтепродукта, измеренный поверяемым УЗР при опробовании, м^3
$Q_{УЗР_проб}$	объемный расход при опробовании, м^3/ч
$Q_{min.раб}$	минимальное значение расхода рабочего диапазона, м^3/ч
$Q_{max.раб}$	максимальное значение расхода рабочего диапазона, м^3/ч
i	номер измерения в точке расхода
j	номер точки расхода (номер точки разбиения рабочего диапазона на поддиапазоны)
n_j	количество измерений в j-й точке расхода
m	количество точек расхода (количество точек разбиения рабочего диапазона на поддиапазоны)
k	номер поддиапазона расхода
$Q_{ТПУj}$	величина расхода, вычисляемая по времени прохождения поршня через калиброванный участок ТПУ в j-й точке (при установлении расхода), м^3/ч
$Q_{ТПУj}$	величина расхода, измеренная поверяемым УЗР в j-й точке, м^3/ч
$\overline{Q}_{ij}$	расход через поверяемый УЗР при i-м измерении в j-й точке, м^3/ч
$\overline{Q}_{j}$	среднее арифметическое значение расхода в j-й точке, м^3/ч
$V_{prj}^{ТПУ}$	вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к условиям измерений объема поверяемым УЗР в j-й точке расхода, м^3 (при установлении расхода)
$V_{ij}^{ТПУ}$	вместимость (объем) калиброванного участка ТПУ, приведенная к условиям измерений объема нефтепродукта поверяемым УЗР при i-м измерении в j-й точке расхода, м^3
$V_{0}^{ТПУ}$	вместимость (объем) калиброванного участка ТПУ при нормальных условиях согласно свидетельству о поверке, м^3
$T_{j}^{ДД}$	время прохождения поршня ТПУ от одного детектора до другого в j-й точке расхода, измеренное СОИ, с
$T_{ij}^{ДД}$	время прохождения поршня ТПУ от одного детектора до другого при i-м измерении в j-й точке расхода, измеренное СОИ, с
$N_{ij}^{УЗР}$	количество импульсов, полученное от поверяемого УЗР при i-м измерении в j-й точке расхода, имп

Приложение Ж
(продолжение)

Обозначения	Пояснения
f_{ij}	выходная частота поверяемого УЗР при i-м измерении в j-й точке расхода, Гц
$t_{ij}^{УЗР}$, $t_{ij}^{ТПУ}$	температура нефтепродукта в УЗР и в ТПУ соответственно при i-м измерении в j-й точке расхода, °С
$P_{ij}^{УЗР}$, $P_{ij}^{ТПУ}$	давление нефтепродукта в УЗР и в ТПУ соответственно при i-м измерении в j-й точке расхода, МПа
$K_{ij}^{УЗР}$	коэффициент преобразования УЗР при i-м измерении в j-й точке расхода, имп/м^3
$\overline{K}_{j}^{УЗР}$, $\overline{K}_{j+1}^{УЗР}$	средние значения коэффициентов преобразования УЗР в j-й и (j +1)-й точках соответственно (определенные при поверке), имп/м^3
ρ_{ij}	плотность нефтепродукта, измеренная поточным плотномером при i-м измерении в j-й точке расхода, кг/м^3
$t_{ij}^{ПП}$	температура нефтепродукта в поточном плотномере при i-м измерении в j-й точке расхода, ^{0}С
$\rho_{лаб}$	плотность нефтепродукта, измеренная ареометром в химико-аналитической лаборатории, кг/м^3
$t_{рлаб}$	температура нефтепродукта при определении плотности в химико-аналитической лаборатории, ^{0}С
k_{ij}^{tP}	значение поправочного коэффициента для приведения вместимости калиброванного участка ТПУ к условиям измерений объема нефтепродукта поверяемым УЗР для каждого i-го измерения в j-й точке расхода
k_{ij}^{t}	коэффициент, учитывающий влияние температуры нефтепродукта на вместимость калиброванного участка ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода
k_{ij}^{P}	коэффициент, учитывающий влияние давления нефтепродукта на вместимость калиброванного участка ТПУ при i-м измерении в j-й точке рабочего диапазона расхода
$k_{ij}^{\Delta tж}$	коэффициент, учитывающий разность температуры нефтепродукта в УЗР и в ТПУ
$k_{ij}^{\Delta Pж}$	коэффициент, учитывающий разность давления нефтепродукта в УЗР и в ТПУ
α_t	коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, ^{0}С$^{-1}$
E	модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа
$D_{ТПУ}$, $s_{ТПУ}$	внутренний диаметр и толщина стенок калиброванного участка ТПУ соответственно, мм
$\beta_{ij}^{ж}$	коэффициент объемного расширения нефтепродукта при i-м измерении в j-й точке расхода, ^{0}С$^{-1}$
$\gamma_{ij}^{ж}$	коэффициент сжимаемости нефтепродукта при i-м измерении в j-й точке расхода, МПа$^{-1}$
$S_{j}^{УЗР}$	СКО случайной составляющей погрешности определений коэффициентов преобразования УЗР в j-й точке расхода, %
ε_j	случайная погрешность УЗР в j-й точки расхода, %
$\varepsilon_{ПДk}$	случайная погрешность УЗР в k-м поддиапазоне расхода, %
ε_{1k}, ε_{2k}	значения случайных погрешностей в начальной и конечной точках расхода k–го поддиапазона, %

Приложение Ж
(окончание)

Обозначения	Пояснения
$t_{0,95\,j}$	коэффициент Стьюдента для j-й точки расхода
$\Theta_{\Sigma ПДk}$	неисключенная систематическая погрешность УЗР k-го поддиапазона, %
$\Theta_{\Sigma o}$	граница суммарной составляющей неисключенной систематической погрешности ТПУ, %
Θ_{Vo}	граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ, %
$\delta_{СОИ}^{(K)}$	предел допускаемой относительной погрешности вычислений коэффициентов преобразования УЗР в СОИ, %
Θ_t	граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, %
$\Theta_{АПДk}$	граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью аппроксимации ГХ УЗР в k-м поддиапазоне, %
$\beta_{max}^{ж}$	максимальное значение коэффициента объемного расширения нефтепродукта, выбранное из ряда значений, определенных по 7.1.1.3, $^{0}C^{-1}$
$\Delta t_{УЗР}$, $\Delta t_{КП}$	пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры в измерительной линии УЗР и ТПУ, ^{0}C
$\delta_{ПДk}$	относительная погрешность УЗР для k-го поддиапазона расхода, %
$S_{ПДk}$	значение СКО, соответствующее значению $\varepsilon_{ПДk}$ для k-го поддиапазона, %
$Z_{ПДk}$	коэффициент, зависящий от значения отношения $\Theta_{\Sigma ПДk} / S_{ПДk}^{УЗР}$ и определяемый по таблице Д.3

gost.e-ecolog.ru