

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию

А.С. Тайбинский



«30» октября 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕПЛОСЧЕТЧИКИ СТУ-1

Методика поверки

МП 1168-1-2020

Начальник НИО-1

Р.А. Корнеев

Тел. отдела: +7(843) 272-12-02

г. Казань

2020

Содержание

Сокращения и обозначения	3
1 Общие положения	4
2 Перечень операций поверки средства измерений	4
3 Требования к условиям проведения поверки	6
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	7
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	7
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	8
7 Внешний осмотр средства измерений	8
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	14
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	14
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим характеристикам	43
12 Оформление результатов поверки	44
Приложение А Схемы поверки расходомерной части теплосчетчиков	45
Приложение Б Зависимость скорости распространения УЗС в воде от температуры при атмосферном давлении 0,101325 МПа, м/с	47

Сокращения и обозначения

АК – акустический канал
АЦП – аналого-цифровой преобразователь
БД – база данных
ВС – водосчетчик
ГВС – горячее водоснабжение
ЖКИ – жидкокристаллический индикатор
ПД – преобразователь давления
НС – нештатная ситуация
ПК – персональный компьютер
ПЭП – пьезоэлектрический преобразователь
ПТС – преобразователь температуры сопротивления
 Θ – температура
ТР – трубопровод
ТС – теплосчетчик
ТВ1 – первый тепловой ввод
ТВ2 – второй тепловой ввод
Тр – время наработки теплосчетчиков
 Θ_x – температура холодной воды
УЗС – ультразвуковой сигнал
УПР – ультразвуковой преобразователь расхода
ЭБ – электронный блок
DN – номинальный диаметр
Q – количество тепловой энергии
W – тепловая мощность
M – масса
V – объем
q – объемный расход
 q_m – массовый расход
 $\Delta\Theta$ – разность температур
h – энтальпия
 ρ – плотность
P – давление
E – относительная погрешность
D – абсолютная погрешность
 γ – приведенная погрешность

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на теплосчетчики СТУ-1 (в дальнейшем – теплосчетчики) и устанавливает методику и последовательность проведения первичной и периодической поверок беспроливным и проливным методами.

Первичная поверка теплосчетчиков СТУ-1 Модель 3М.1 заключается в определении погрешности расходомерной части теплосчетчиков, поставляемых совместно с ультразвуковыми преобразователями расхода (УПР) с номинальными диаметрами (DN) от 15 по 50, в ходе одного этапа на расходомерной установке при использовании проливного метода, определении погрешности каналов измерения температуры и давления.

Первичная поверка теплосчетчиков СТУ-1 Модель 3М.2, Модель 3М.3, Модель 3М.4 заключается в определении:

- погрешности расходомерной части теплосчетчиков, поставляемых совместно с ультразвуковыми преобразователями расхода (УПР) с номинальными диаметрами (DN) от 15 по 100 мм, в ходе одного этапа на расходомерной установке при использовании проливного метода, погрешности каналов измерения температуры и давления;

- погрешности расходомерной части теплосчетчиков, поставляемых без УПР, в ходе одного этапа беспроливным (имитационным) методом, погрешности каналов измерения температуры и давления;

- погрешности расходомерной части теплосчетчиков, поставляемых с УПР для трубопроводов с номинальными диаметрами (DN) от 50 по 300 мм, в ходе двух этапов беспроливным (имитационным) методом, погрешности каналов измерения температуры и давления. На первом этапе определяются погрешности электронного блока, на втором этапе определяются геометрические параметры УПР и осуществляется градуировка на месте эксплуатации.

Средства измерений (СИ), входящие в состав теплосчетчика (СИ температуры и разности температур, СИ давления, внешние водосчетчики и расходомеры) поверяются согласно своим нормативным документам по поверке.

Прослеживаемость теплосчетчика к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256. В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: непосредственное сличение.

Интервал между поверками – 4 года.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки теплосчетчиков должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1

При проведении поверки проводят операции, указанные в таблице 2.1.

Т а б л и ц а 2.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела, пункта	Обязательность проведения операции					
		при первичной поверке				при периодической поверке	
		этап I		этап II			
		с УПР	без УПР	с УПР	без УПР	с УПР	без УПР
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Внешний осмотр	7	да	да	нет	да	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование теплосчетчика	8						
- подготовка к поверке	8.1	да	да	нет	да	да	да
- опробование	8.2	да	да	нет	да	да	да
- проверка сопротивления изоляции электронного блока	8.3	да	да	нет	нет	да	да

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
- проверка сведений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о результатах поверки средств измерений, входящих в состав теплосчетчика	8.4	да	да	нет	нет	да	да
3 Проверка программного обеспечения теплосчетчика	9	да	да	да	да	да	да
4 Определение метрологических характеристик теплосчетчика (электронного блока и теплосчетчика) в режимах:	10						
- измерения времени распространения ультразвуковых импульсов	10.1.1	да	да	нет	нет	да	да
- измерения расхода и объема теплоносителя расходомерной частью теплосчетчиков УР1, УР2, УР3, УР4 и входных измерительных каналов ВС3, ВС4, ВС5, ВС6	10.1.2 10.1.3 10.1.4	да	да	нет	нет	да	да
- измерения температуры, разности температуры	10.1.5 10.1.6	да	да	нет	нет	да	да
- проверки сохранения введенных параметров и измеренной информации	10.1.7	да	да	нет	нет	да	да
- преобразования электронным блоком входных данных и индикации тепловой мощности и тепловой энергии	10.1.8 10.1.9	да	да	нет	нет	да	да
- измерения тепловой энергии (количества тепловой энергии)	10.1.10	да	да	нет	нет	да	да
- измерения давления	10.1.11- 10.1.13	да	да	нет	нет	нет	нет
- измерения интервалов времени	10.1.14	да	да	нет	нет	да	да
5 Определение и измерение линейно-угловых параметров	10.2						
Определение и измерение линейно-угловых параметров УПР:	10.2.1						
- внутреннего диаметра корпуса УПР	10.2.1.1	да	нет	нет	да	да	нет
- расстояния между ПЭП в УПР	10.2.1.2	да	нет	нет	да	да	нет
- угла наклона оси акустического канала к оси трубопровода	10.2.1.3	да	нет	нет	да	нет	нет

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
- смещения оси акустического канала относительно центральной оси трубопровода	10.2.1.4	да	нет	нет	да	нет	нет
Определение и измерение линейно-угловых параметров трубопровода:	10.2.2						
- наружного диаметра трубопровода	10.2.2.1	да	нет	нет	да	нет	нет
- толщины стенки трубопровода	10.2.2.1	да	нет	нет	да	да	нет
- внутреннего диаметра трубопровода	10.2.2.2	да	нет	нет	да	да	нет
- смещения оси акустического канала	10.2.2.3	да	нет	нет	да	нет	нет
- длины активной части акустического канала	10.2.2.4	да	нет	нет	да	да	нет
- угла наклона оси акустического канала	10.2.2.5	да	нет	нет	да	нет	нет
- расстояния между ПЭП в трубопроводе	10.2.2.6	да	нет	нет	да	да	нет
- коэффициента коррекции	10.2.3	да	нет	нет	да	да	да
- гидродинамического коэффициента	10.2.4	да	нет	нет	да	да	да
6 Определение погрешности расходомерной части теплосчетчиков на установке поверочной.	10.3.1	да	нет	нет	нет	нет	нет

Примечания

1 Для теплосчетчиков СТУ-1 Модель 3М.1 выполняются только операции согласно разделам 7, 8 и п. 10.3.

2 Операции I этапа первичной поверки производятся после производства и ремонта на предприятии-изготовителе, а операции II этапа первичной поверки – на месте эксплуатации теплосчетчиков.

3 Для сокращения времени и снижения трудоемкости поверки теплосчетчиков, операции этапа I первичной поверки по п.10.2.1 целесообразно совмещать с приемо-сдаточными испытаниями, проводимыми представителями ОТК, а этапа II по п. 10.2.2 – с процессами измерения и монтажа теплосчетчиков, проводимыми представителями спецмонтажных организаций с целью последующего использования полученных результатов и исключения необходимости повторного проведения линейно-угловых измерений.

4 Погрешность по показаниям температуры и разности температур абсолютная, по показаниям давления – приведенная, по показаниям остальных величин – относительная.

5 Допускается проводить периодическую поверку теплосчетчиков, используемых для измерений меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений для применяемых величин и (или) поддиапазонов измерений, для применяемых отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава теплосчетчика (далее – поверка в сокращенном объеме). Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме. Информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки беспроточным методом должны быть соблюдены следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С:

для теплосчетчиков	от плюс 5 до плюс 40
для УПР и пьезопреобразователей	от 0 до плюс 50
– температура поверочной жидкости, °C	от плюс 5 до плюс 150
– относительная влажность, %	от 30 до 80
– напряжение питающей сети, В	от 187 до 242
– частота питающего напряжения, Гц	от 49 до 51

Примечание – Допускается проведение поверки в рабочих условиях эксплуатации теплосчетчиков при соблюдении требований к условиям эксплуатации поверочного оборудования.

3.2 Первичную поверку теплосчетчиков, выпускаемых без УПР, на этапе I следует проводить на кювете УТ-12 с технологическими пьезопреобразователями.

Поверочная жидкость – вода.

При проведении этапа II первичной и периодической поверок в качестве поверочной жидкости используется жидкость из действующего трубопровода, где эксплуатируются теплосчетчики.

3.3 При определении погрешности расходомерной части теплосчетчиков, выпускаемых с УПР, на установке поверочной проливным методом должны быть соблюдены следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °C	от плюс 15 до плюс 25
– относительная влажность, %, не более	80
– атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7
– поверочная жидкость – вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001	
– температура поверочной жидкости, °C	от плюс 15 до плюс 25
– давление, МПа, не более	2,5

3.4 Изменение температуры поверочной жидкости в процессе поверки теплосчетчиков не должно превышать ± 2 °C.

3.5 Режим движения потока в трубопроводе должен быть установившимся. Нестабильность потока не должна превышать $\pm 1,5$ %.

3.6 Изменение расхода в процессе поверки по функции измерения объема не должно превышать ± 5 % от установившегося значения. Погрешность первоначальной установки расхода не должна превышать ± 5 % от заданной.

3.7 Поверяемые первичные преобразователи должны присоединяться к измерительному участку поверочной установки через прямолинейные участки труб длиной не менее $15 \cdot DN$ до УПР и $5 \cdot DN$ после него.

3.8 Отсутствие внешних электрических, магнитных полей, кроме земного магнитного поля, вибрации, тряски и ударов, влияющих на работу теплосчетчиков.

При проведении поверки теплосчетчиков также соблюдают условия, указанные в методике поверки его составных частей.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверка теплосчетчиков должна проводиться организацией, аккредитованной в установленном порядке.

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

- обладать навыками работы на применяемых средствах измерений;
- знать требования данного документа;
- обладать навыками работы по данному документу.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 5.1

Т а б л и ц а 5.1 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Наименование средства поверки	Характеристики точности
1	2
Установка поверочная УПСЖ-50, регистрационный номер 29553-05	Диапазон расхода от 1,0 до 50 м ³ /ч, погрешность не более $\pm 0,3$ %
Частотомер универсальный GFC-8131H, регистрационный номер 19818-00	Диапазон измеряемых частот от 0,01 Гц до 120 МГц, относительная погрешность по частоте кварцевого генератора $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ %
Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112/1, регистрационный номер 6703-02	Диапазон частот от 10 Гц до 10 МГц, основная погрешность установки частоты в диапазоне от 10 Гц до 1 МГц $\pm [2 + (30/f)]$ %, в диапазоне от 1 до 10 МГц ± 3 %
Секундомер электронный «Интеграл С-01», регистрационный номер 44154-16	Пределы измерений от 0,01 до 35999,99 с, основанная абсолютная погрешность $\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{измеренный интервал времени в с}) + 0,01)$ с
Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4, регистрационный номер 303-91	Цена деления 0,1 °С, диапазон измерений от 0 до 100 °С, ТУ 25-2021.003-88
Вольтметр универсальный цифровой GDM-8245, регистрационный номер 34295-07	Пределы измерений 0-500 мА, 0-500 В
Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,05; регистрационный номер 260-05	Цена деления 0,05 мм, диапазон измерений от 0 до 150 мм, ГОСТ 166-89
Рулетка измерительная металлическая Р, модификация Р20У2К, регистрационный номер 51171-12	Диапазон измерений от 0 до 20 м, класс 2
Угломер с нониусом 2-2, модель 127, регистрационные номера 957-54, 957-01	Диапазон измерений внутренних углов от 40° до 180°, наружных углов – от 0° до 360°, основная погрешность не более 2', ГОСТ 5378-88
Меры электрического сопротивления многозначные постоянного тока Р3026 (регистрационные номера 8478-91, 8478-04) в количестве 2 штук	Диапазон измерений от 0,01 Ом до 111111,1 Ом, класс точности 0,005/1,5-10 ⁻⁶
Примечания 1 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью. 2 Эталоны и средства измерений, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы или поверены и (или) иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм, сведения должны быть внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений	

5.2 При проведении поверки используются комплекты приспособлений:

- УТ-12 – кювета;
- ПР003 – для измерения расстояния между ПЭП;
- ПР005 – для измерения угла наклона оси акустического канала;

5.3 При проведении расчетов при поверке допускается использовать автоматизированное программное средство поверки TestBox, размещенное на сайте предприятия-изготовителя.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

6.2 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и инструкции по эксплуатации применяемых приборов.

6.3 Работы по п. 10.3 производить при остановленном потоке и опорожненном трубопроводе.

6.4 При определении погрешности расходомерной части теплосчетчиков на установке поверочной необходимо проверить наличие заземления первичного преобразователя и исправность разъемных соединений кабелей связи и питания.

6.5 При изготовлении, монтаже и ремонте необходимо соблюдать в соответствии с категорией трубопровода Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 года № 116, Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», утверждённое приказом Ростехнадзора № 784 от 27.12.2012, Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», а также ГОСТ 12.1.001-89 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности».

6.6 При проведении поверки соблюдают следующие требования:

- правил эксплуатации электроустановок потребителей в соответствии с приказом Минэнерго России от 13 января 2003 года № 6;
- правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и теплосчетчика, приведенных в их эксплуатационных документах.

6.7 К средствам поверки и теплосчетчику обеспечивают свободный доступ.

6.8 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость средств поверки и теплосчетчика, а также снятие показаний с них.

6.9 При появлении течи измеряемой среды и других ситуаций, нарушающих процесс проведения поверки, поверка должна быть прекращена или приостановлена до устранения неисправностей.

7 Внешний осмотр теплосчетчика

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие внешнего вида, состояния и комплектности теплосчетчиков руководству по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ. Теплосчетчики не должны иметь видимых повреждений и деформаций.

Проверяется наличие пломб на УПР и электронном блоке, по нарушению которых контролируется несанкционированный доступ к теплосчетчикам.

При проверке правильности монтажа необходимо установить соответствие длины прямого участка трубопровода, условий монтажа пьезопреобразователей и теплосчетчиков требованиям, установленным в руководстве по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ. Измерение длины прямого участка выполняется рулеткой или штангенциркулем.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением всех операций поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

8.1.2 Проверка наличия паспортов на поверяемые теплосчетчики.

8.1.3 Проверка соблюдения условий поверки по разделу 3.

8.1.4 Подготовка к работе поверяемых теплосчетчиков и средств измерений в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.1.5 Перед этапом II первичной поверки определить:

– ГОСТ на изготовление и материал трубопровода, продолжительность его эксплуатации, состояние внутренней поверхности и наличие доступа к ее исследованию, возможность останова потока;

– наличие реверсивного потока при эксплуатации, диапазоны изменения расхода, температуры, вязкости и давления;

– возможность измерения параметров трубопровода и жидкости в условиях эксплуатации с требуемой точностью.

8.1.6 Убедиться, что вблизи от места проведения работ по поверке и места установки пьезопреобразователей не ведутся сварочные и другие работы, сопровождающиеся высоким уровнем электромагнитных излучений.

8.1.7 Осуществить проверку правильности собранной схемы поверки теплосчетчиков. Варианты схем при проведении поверки беспродувным методом приведены на рисунках 8.1, 8.2, 8.3, 8.4.

8.1.8 Перед проведением поверки на установке поверочной должны быть дополнительно произведены следующие работы.

8.1.9 Проверка герметичности соединений и узлов поверочной установки пробным давлением.

Систему считают герметичной, если при подаче рабочего давления в течение 5 минут не наблюдается течи или появления капель жидкости, а также отсутствует падение давления поверочной жидкости по контрольному манометру.

8.1.10 Выдержка перед поверкой теплосчетчиков в нерабочем состоянии – не менее 30 минут в условиях п. 3.3, а затем во включенном состоянии не менее 30 минут.

8.1.11 На первичную поверку проливным способом представляются теплосчетчики, отградуированные по п. 10.1 настоящей методики. Градуировка производится для заданного диапазона изменения расхода.

8.1.12 Перед проведением поверки также выполняют подготовительные работы, изложенные в документации на составные части теплосчетчиков.

8.1.13 При проверке правильности монтажа необходимо установить соответствие длины прямого участка трубопровода, условий монтажа пьезопреобразователей и теплосчетчиков требованиям, установленным в руководстве по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ. Измерение длины прямого участка выполняется рулеткой или штангенциркулем.

8.1.14 Определение погрешности составных частей теплосчетчика и сравнение полученных значений погрешности с пределами допускаемой погрешности, установленными для составных частей теплосчетчика, и установление пригодности теплосчетчика к эксплуатации.

8.2 Опробование теплосчетчиков

8.2.1 При опробовании теплосчетчиков устанавливается их работоспособность в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ.

Примечания

1 На этапе I для опробования используются схемы, приведенные на рисунках 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, где вместо кювет УТ-12 могут применяться УПР, входящие в комплект теплосчетчиков.

2 На этапе II опробование производится после завершения монтажа теплосчетчиков по схеме, приведенной на рисунках 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, где вместо кювет используются УПР, входящие в комплект теплосчетчиков.

8.2.2 Необходимо подключить поверяемые теплосчетчики к сети переменного тока 220 В, частотой 50 Гц.

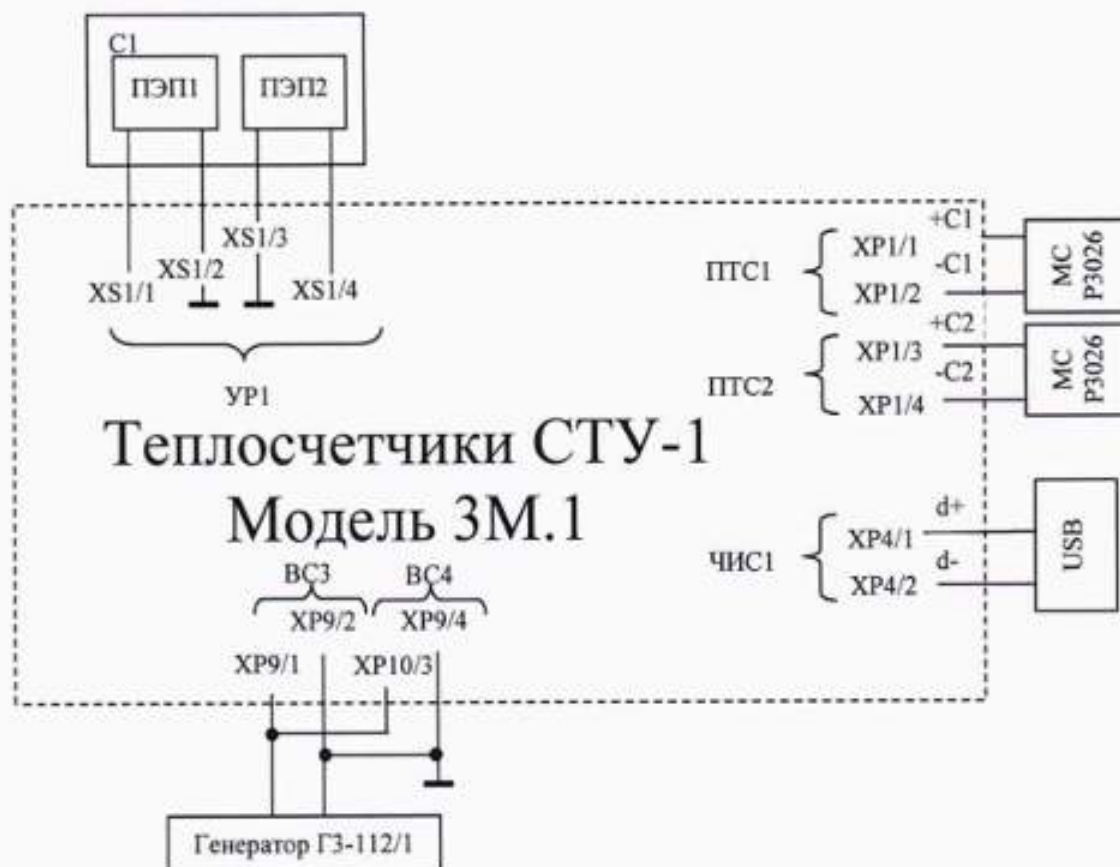
При исправной работе теплосчетчиков на экране ЖКИ должны отображаться текущие дата и время или код нештатной ситуации при ее наличии.

8.3 Проверку электрического сопротивления изоляции электронного блока в нормальных условиях проводят с помощью мегомметра, который подключают к контролируемой цепи по п.10.1.1 и прикладывают измерительное напряжение постоянного тока, равное 500 В.

Электронный блок считают годным, если действительное значение электрического сопротивления изоляции не менее 20 МОм.

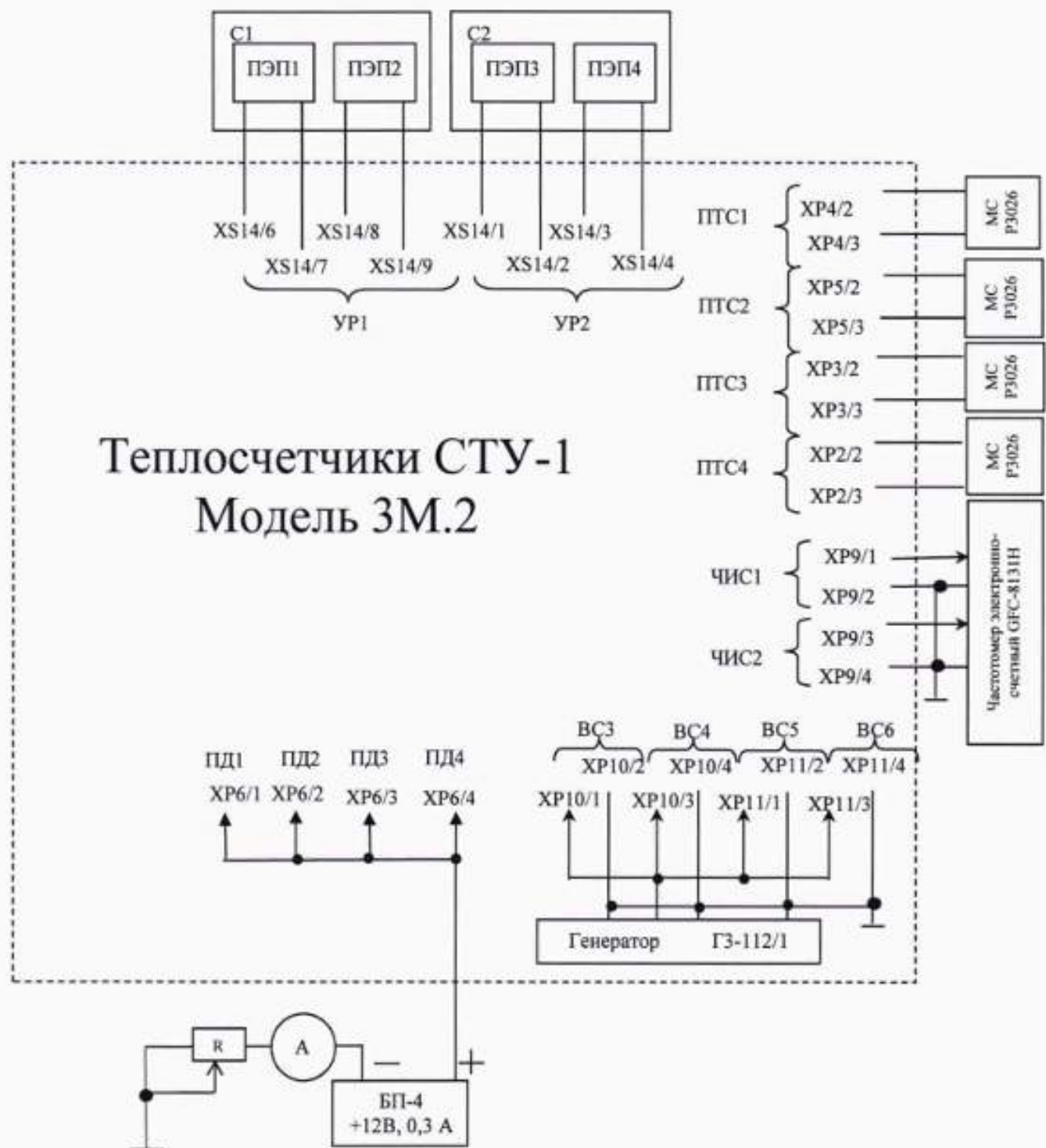
8.4 Проверка сведений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о результатах поверки средств измерений, входящих в состав теплосчетчика

Проверяются сведения в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о результатах поверки средств измерений, входящих в состав теплосчетчика, а также, при наличии, свидетельства о поверке средств измерений, и (или) паспорта (формуляры) средств измерений с записью о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.



ПЭП 1, 2, 3, 4 – Пьезоэлектрические преобразователи;
 C1, C2 – кювета УТ - 12 или УПР;
 А – вольтметр универсальный цифровой GDM-8245;
 R – переменный резистор 500 Ом.
 XS – разъемы типа DB 9 вилка;
 XP – разъемы типа 15EDGVC-3.81-04P

Рисунок 8.1 – Схема поверки теплосчетчика СТУ-1 Модель 3М.1 проливным методом



ПЭП 1, 2, 3, 4 – Пьезоэлектрические преобразователи;
 С1, С2 – ювета УТ - 12 или УПР;
 А – вольтметр универсальный цифровой GDM-8245;
 R – переменный резистор 500 Ом.
 XS – разъемы типа DB 9 вилка;
 XP – разъемы типа 15EDGVC-3.81-04P

Рисунок 8.2 – Схема поверки теплосчетчика СТУ-1 Модель 3М.2 беспроточным методом

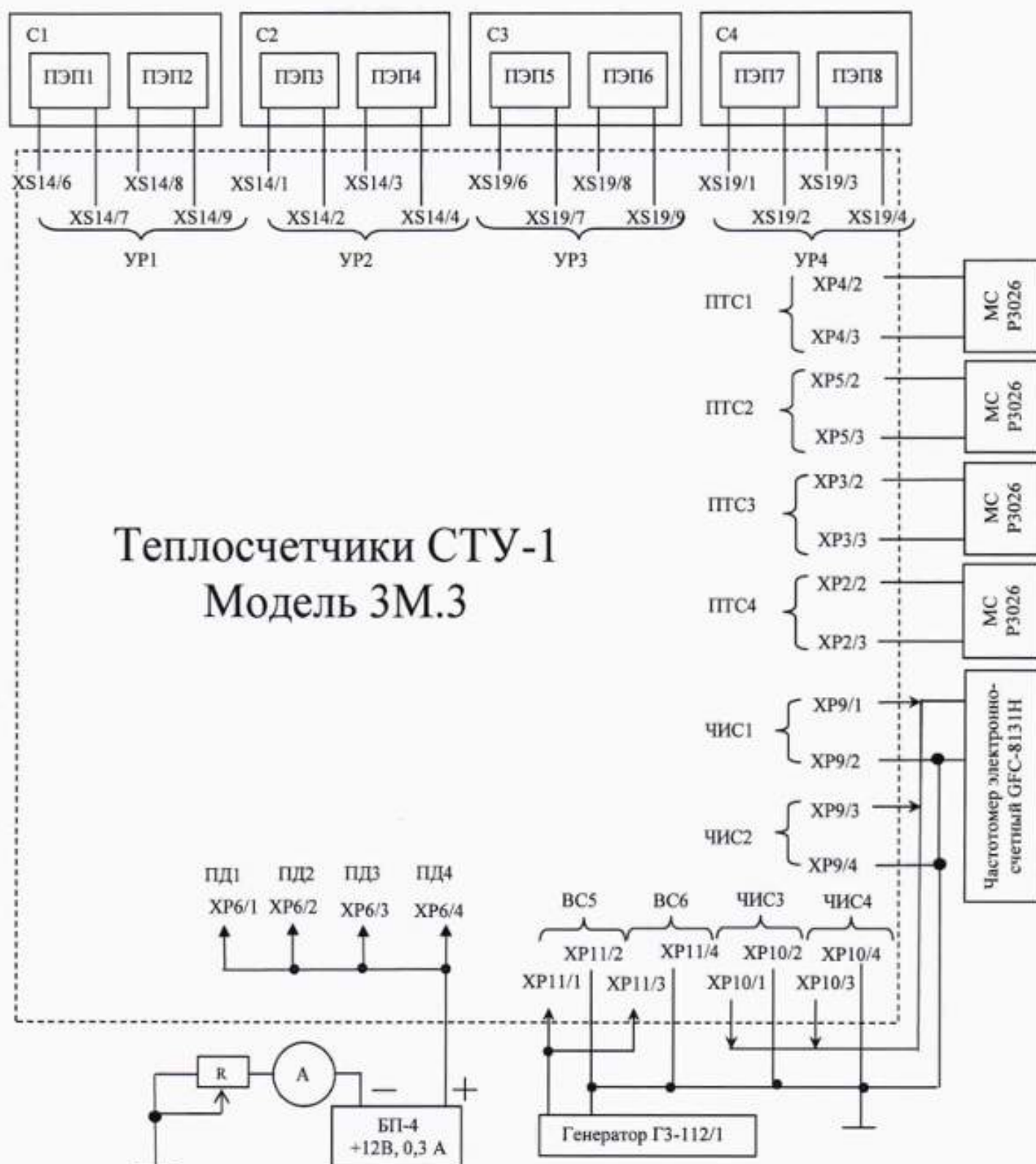
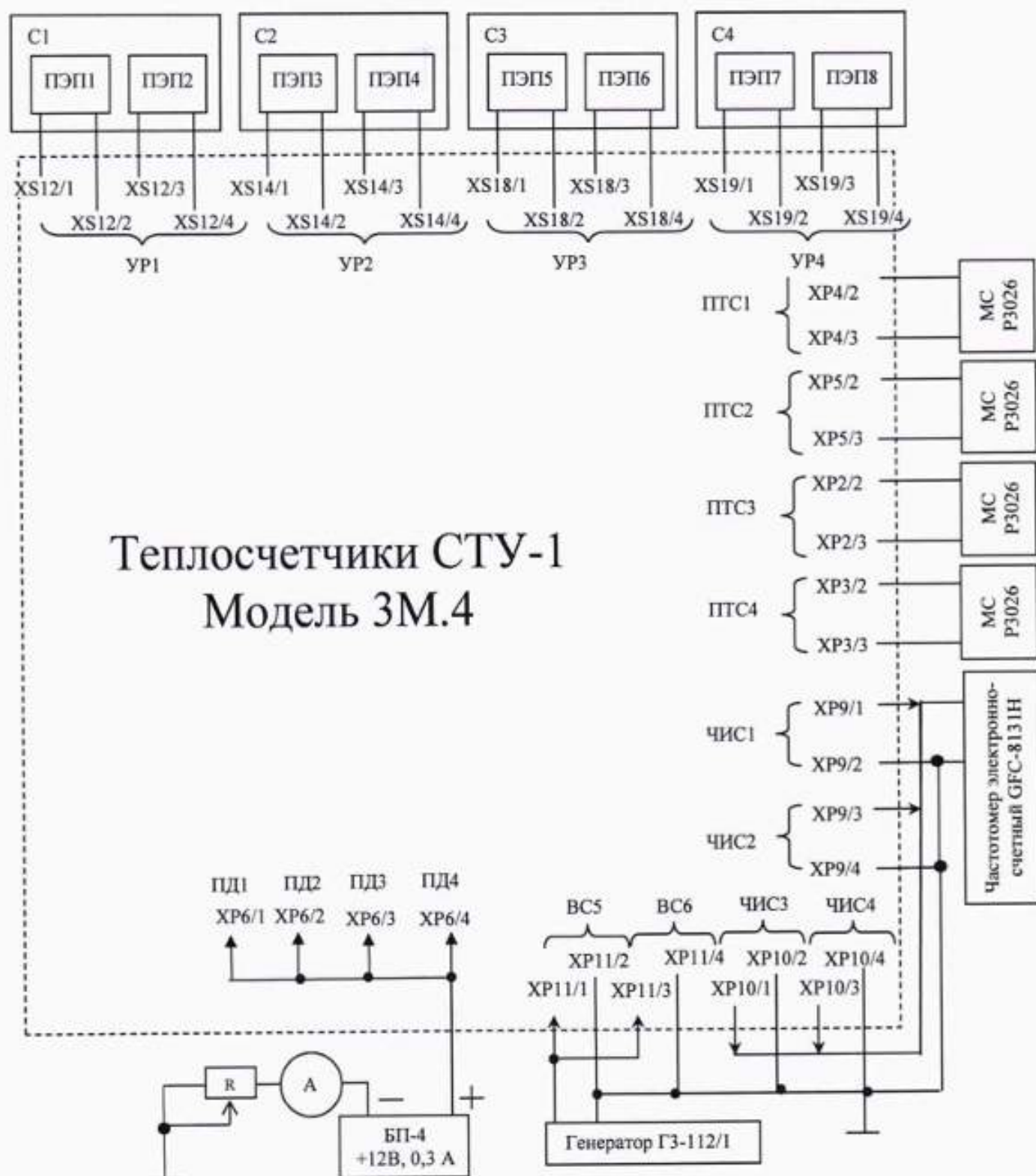


Рисунок 8.3 – Схема поверки теплосчетчика СТУ-1 Модель 3М.3
беспробивным методом



ПЭП 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – Пьезоэлектрические преобразователи;

C1, C2, C3, C4 – кювета УТ - 12 или УПР;

А – вольтметр универсальный цифровой GDM-8245;

R – переменный резистор 500 Ом.

XS – разъемы типа DB 9 вилка;

XP – разъемы типа 15EDGVC-3.81-04P

Рисунок 8.4 – Схема поверки теплосчетчика СТУ-1 Модель 3М.4

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО) можно проводить одним из трех способов:

1-й способ. Включить ЭБ, на индикаторе кратковременно индицируется номер версии ПО;

2-й способ. При опросе через интерфейс RS232 индицируется номер версии ПО;

3-й способ. При выводе на индикатор в разделе меню "СЛУЖЕБНЫЕ ДАННЫЕ/Версия" индицируются:

- наименование производителя прибора;
- идентификационное наименование ПО: STU-3;
- номер версии (идентификационный номер) ПО: 4.018;
- цифровой идентификатор ПО: 4541;
- идентификатор аналоговой части прибора.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения теплосчетчика СТУ-1 (идентификационное наименование ПО, номер версии (идентификационный номер) ПО, цифровой идентификатор ПО) соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа СИ «Теплосчетчики СТУ-1», или отрицательным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения теплосчетчика СТУ-1 (идентификационное наименование ПО, номер версии (идентификационный номер) ПО, цифровой идентификатор ПО) не соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа СИ «Теплосчетчики СТУ-1». При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

10 Определение метрологических характеристик теплосчетчика

10.1 Проведение поверки беспроливным методом

Беспроливной метод применяется при поверке теплосчетчиков СТУ-1 Модель 3М.2, Модель 3М.3 и Модель 3М.4.

ВНИМАНИЕ!

1 Перед поверкой отключить режим аппроксимации, если он включен.

10.1.1 Определение относительной погрешности измерительных каналов УР1, УР2 (УР3, УР4) расходомерной части электронного блока в режиме измерения времени распространения ультразвуковых импульсов (УЗИ), осуществляется с помощью кюветы УТ-12, подключенной к теплосчетчику по схеме рисунка 8.1 или 8.2.

Перед проведением измерения определяют полусумму длин кабелей L_k от вычислителя до ПЭП, расстояние l между ПЭП, которое измеряется штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм. По таблице Б.1 (Приложение Б) и измеренному значению температуры воды определяется значение скорости ультразвука C в воде.

Поверка проводится следующим образом:

- установите окно меню "СЛУЖЕБН. ДАННЫЕ. Время распр. УЗИ";
- нажмите кнопку "↵";
- зафиксируйте показания ЖКИ, рассчитайте время распространения ультразвукового импульса по потоку T_{1i} в канале УР1 и против потока T_{1o} :

$$T_{1i} = t_{1i} - 0,5 - 0,01 \cdot L_k, \text{ мкс}$$

$$T_{1o} = t_{1o} - 0,5 - 0,01 \cdot L_k, \text{ мкс}$$

где:

t_{1i} - показания ЖКИ времени распространения УЗИ по потоку,

t_{10} - показания ЖКИ времени распространения УЗИ против потока,

L_k - длина кабеля, м.

- аналогично зафиксируйте показания ЖКИ, рассчитайте время распространения ультразвукового импульса по потоку $T2i$ в канале УР2 и против потока $T2o$ - в канале УР2 и аналогично по каналам УР3, УР4.

Должно выполняться условие, мкс:

$$|T_{1i} - T_{1o}| < 0,2 \quad (1)$$

- рассчитайте среднее время распространения ультразвуковых импульсов, мкс:

$$t_{ср1} = \frac{T_{1i} + T_{1o}}{2} \quad (2)$$

- измерьте термометром температуру воды и по таблице Б.1 (Приложение Б) определите скорость ультразвука C ;

- вычислите расчетное значение времени распространения ультразвуковых импульсов, мкс:

$$t_{расч1} = \frac{L_1}{C} \cdot 10^6 \quad (3)$$

где:

L_1 - расстояние между пьезоэлектрическими преобразователями, м,

C - скорость по таблице приложения Б, м/с;

- вычислите погрешность измерения времени распространения ультразвуковых импульсов E_t по формуле:

$$E_t = \frac{t_{ср1} - t_{расч1}}{t_{расч1}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Выполните все аналогичные операции для каналов УР2, (УР3, УР4).

Электронный блок признается годным, если относительные погрешности распространения ультразвуковых импульсов для измерительных каналов расходомерной части УР1, УР2, (УР3, УР4) не превышают $\pm 0,4\%$.

10.1.2 Определение относительной погрешности объемного расхода и объема теплоносителя (воды) измерительных каналов УР1, УР2, УР3, УР4, ВС3, ВС4, ВС5, ВС6 электронного блока

10.1.2.1 Определение относительной погрешности электронного блока (ультразвуковые измерительные каналы УР1, УР2 (УР3, УР4) при преобразовании входных сигналов и индикации объемного расхода.

10.1.2.1.1 Предварительно следует ввести программируемые параметры для измерительных каналов УР1, УР2 (УР3, УР4), для этого:

- установите окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ УР1, УР2, УР3, УР4";
- нажмите кнопку "↓", должно появиться сообщение "Дог.расх.м³/ч";
- нажмите кнопку "↓";
- манипулируя кнопками "↑", "↓", "→", "←" введите значение договорного расхода для каналов УР1, УР2, УР3, УР4: $q_{1дог} = q_{2дог} = q_{3дог} = q_{4дог} = 50,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Переключение с канала на канал производится кнопкой "→";
- для ввода следующего параметра нажмите кнопку "↑";
- установите диаметры $D1, D2, D3, D4$ трубопроводов, м: берутся из паспорта ТЕСС 00.030.04 ПС на теплосчетчики (при поверке на кюветах УТ-12 $D1 = D2 = D3 = D4 = 0,05 \text{ м}$);
- установите расстояния $L1, L2, L3, L4$ между ПЭП, м: берутся из паспорта ТЕСС 00.030.04 ПС на теплосчетчики или УТ-12;
- параметры $Z1, Z2, Z3, Z4$ - нулевые смещения, мкс - индикаторный режим;

- установите длины кабелей l1, l2, l3, l4 от ПЭП до вычислителя, м; берутся из паспорта ТЕСС 00.030.04 ПС на теплосчетчики или УТ-12;
 - установите коэффициенты коррекции: $K1 = K2 = K3 = K4 = 1,0$;
 - установите параметры $q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, q_{i4}$ – минимальный объемный расход, $m^3/ч$: $q_{i1} = q_{i2} = q_{i3} = q_{i4} = 0,03 m^3/ч$;
 - установите отсечки по расходу, $q_{o1} = q_{o2} = q_{o3} = q_{o4} = 0,01 \cdot q_{p1}, m^3/ч$;
 - установите постоянные времени интегрирования, сек: $C1 = C2 = C3 = C4 = 20$;
 - при появлении сообщения "ВЫХОД", нажмите кнопку "↓";
 - при появлении сообщения "СОХРАНИТЬ?" выберите "ДА", нажав кнопку "↓".
- На этом программирование измерительных каналов УР1, УР2, УР3, УР4 завершается.
- 10.1.2.1.2 Автокоррекция канала УР1 проводится следующим образом:
- войдите в окно меню "КАЛИБРОВКА. Автокоррекция УР1";
 - нажмите кнопку "↓";
 - дождитесь завершения автокоррекции канала УР1;
 - войдите в окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Объемный расход";
 - зафиксируйте по ЖКИ показание расхода $G1$;
 - вычислите относительное смещение нуля по формуле:

$$E_{01} = \frac{q_1}{q_{s1}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где:

q_{s1} – максимальный объемный расход в канале УР1, берется из таблицы 2.2 руководства по эксплуатации, $m^3/ч$;

q_1 – значение индицируемого расхода после процедуры автокоррекции, $m^3/ч$.

Автокоррекцию канала УР1 проводят до тех пор, пока не будет выполнено условие $\delta_{01} \leq \pm 0,5 \%$. Если после 5-кратного повторения автокоррекции данное условие не выполняется, дальнейшая поверка прекращается.

Автокоррекция каналов УР2 (УР3, УР4) проводится аналогично УР1.

10.1.2.1.3 Определение относительной погрешности измерительных каналов УР1, УР2 (УР3, УР4) расходомерной части электронного блока в режиме измерения объемного расхода производится в следующей последовательности:

- по номинальному диаметру из таблицы 2.2 руководства по эксплуатации выберите $0,1 \cdot q_p$, а из таблицы 10.1.1 – значение разности времени Δt распространения УЗИ, вводимую в электронный блок для имитации расхода. При поверке на приспособлении УТ-12 (исполнение без УПР) берутся значения диаметра $D1 = D2 = D3 = D4 = 0,05 м$

Т а б л и ц а 10.1.1

Разность времени Δt , нс		
q_s	$0,1 q_s$	q_i
500	50	3,3

- установите окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ УР1, УР2, УР3, УР4";
- нажмите кнопку "↓", должно появиться сообщение "Дог.расх. $m^3/ч$ ";
- нажмите кнопку "↓";
- нажмите три раза кнопку "↑";
- считайте значение нулевого смещения $Z1$;
- манипулируя кнопками "↑", "↓", "→", "←" введите число $Z1 + Et$ с учетом знака $Z1$;
- переключаясь на каналы УР2, УР3, УР4 (нажимая кнопку "→") и, манипулируя кнопками "↑", "↓", "→", "←", введите число $Z2 + Et, Z3 + Et, Z4 + Et$ с учетом знака Z .
- нажмите шесть раз кнопку "→";
- при появлении сообщения "ВЫХОД", нажмите кнопку "↓";
- при появлении сообщения "СОХРАНИТЬ?" выберите "ДА", нажав кнопку "↓";
- войдите в окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Объемный расход";

- нажмите кнопку "↵";
- считайте с ЖКИ и зафиксируйте показания измеренного объемного расхода q_1 , q_2 (q_3 , q_4) по каналам УР1, УР2 (УР3, УР4);
- вычислите расчетное значение $q_{расч1}$, $м^3/ч$, по формуле:

$$q_{расч1} = 1413716,6 \cdot \frac{D_n \cdot L_1^2}{t_{расч1}^2} \cdot \Delta t \quad (6)$$

где:

L_1 - расстояние между торцами датчиков УТ-12 канала УР1 из паспорта на кювету или при УПР – из паспорта ТЕСС 00.030.04 ПС, м;

$t_{расч1}$ - значение из формулы 3 для канала УР1, мкс;

Δt – разность времени распространения УЗИ, берется из таблицы 10.1.2 для $0,1q_s$, нс;

- рассчитайте относительную погрешность измерительного канала УР1 расходомерной части электронного блока в режиме измерения объемного расхода по формуле:

$$E_{q1}^B = \frac{q_1 - q_{расч}}{q_{расч}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Относительные погрешности E_{q2}^B (E_{q3}^B , E_{q4}^B) электронного блока в режиме измерения объемного расхода, рассчитывается аналогично E_{q1}^B .

При выборе меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Массовый расход" аналогичным образом рассчитывается относительная погрешность в режиме измерения массового расхода.

Результат операции поверки считается положительным, если относительные погрешности E_{q1}^B , E_{q2}^B (E_{q3}^B , E_{q4}^B) каналов измерения объемного (массового) расхода УР1, УР2 (УР3, УР4), не превышают значения $\pm 0,5\%$.

10.1.2.2 Определение относительной погрешности электронного блока (измерительные дискретные каналы ВС3, ВС4, ВС5, ВС6) при преобразовании входных сигналов и индикации объемного (массового) расхода теплоносителя (воды).

Определение погрешности проводят для расчетного значения объемного расхода: $0,1 \cdot q_s$, где q_s – максимальный измеряемый расход преобразователя, $м^3/ч$. Фактическая цена импульса для каналов ВС3, ВС4, ВС5, ВС6 устанавливается равной $0,27 м^3/имп$.

Определение относительной погрешности измерительного канала ВС3 объемного расхода производится в следующей последовательности:

- подключите к измерительным входам ВС3, ВС4, ВС5, ВС6 генератор импульсов согласно рисунку 1 или 2. Установите частоту следования импульсов генератора 10 Гц, соответствующую $0,1 \cdot q_s$;

- войдите в окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. ВС3, ВС4, ВС5, ВС6";

- нажмите кнопку "↵", вычислитель должен перейти в режим отображения величины расхода;

- зафиксируйте величину расхода q_3 по показаниям ЖКИ;

- рассчитайте относительную погрешность измерительного канала ВС3 электронного блока при измерении объемного расхода по формуле:

$$E_{q3}^B = \frac{q_3 - q_{расч}}{q_{расч}} \cdot 100\% \quad (8)$$

где: $q_{расч}$ – значение величины расхода, приведенное в таблице 10.1.2.

Т а б л и ц а 10.1.2

Точка измерения	Значение расхода $q_{расч}$, $м^3/ч$	Частота, Гц
$0,1 \cdot q_s$	9720	10

Рассчитайте относительные погрешности E_{q4}^B , E_{q5}^B , E_{q6}^B измерительных каналов ВС4, ВС5, ВС6 электронного блока при измерении объемного расхода, аналогично расчету по каналу ВС3.

Результат операции поверки считается положительным, если относительные погрешности E_{q3}^B , E_{q4}^B , E_{q5}^B , E_{q6}^B не превышают значения $\pm 0,5\%$.

10.1.3 Определение относительной погрешности теплосчетчиков при измерении расхода теплоносителя (измерительные каналы ВС3, ВС4, ВС5, ВС6)

Относительную погрешность теплосчетчиков при измерении расхода теплоносителя (измерительный канал ВС3) определить по формуле:

$$E_{q3} = \pm \sqrt{(E_q^П)^2 + (E_q^B)^2} \quad (9)$$

где $E_q^П$ – пределы относительной погрешности преобразователя расхода, входящего в состав теплосчетчиков, приведенные в эксплуатационной документации на счетчик (расходомер) воды, %.

Определить относительную погрешность теплосчетчиков при измерении объемного расхода по каналам ВС4, ВС5 и ВС6 аналогично расчету по каналу ВС3.

Результат поверки считается положительным, если относительные погрешности E_{q3} , E_{q4} , E_{q5} , E_{q6} находятся в пределах $\pm 2\%$.

10.1.4 Определение относительной погрешности электронного блока (измерительные каналы УР1, УР2 (УР3, УР4), ВС3, ВС4, ВС5, ВС6) при преобразовании входных сигналов и индикации объема теплоносителя (воды)

10.1.4.1 Относительную погрешность электронного блока (ультразвуковые измерительные каналы УР1, УР2 (УР3, УР4) при преобразовании входных сигналов и индикации объема теплоносителя (воды) определяют следующим образом:

- проведите автокоррекцию для каналов УР1, УР2 (УР3, УР4) согласно п. 10.1.2.1.2;
- установите объемный расход $0,1 \cdot q_s$ для канала УР1 согласно п. 10.1.2.1.3;
- установите окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Накоп.Объем, м³". Перейдите в режим отображения накопленного объема V1, V2 по каналам УР1, УР2;
- в момент смены значения младшего разряда ЖКИ на V1, включите секундомер и зафиксируйте начальное значение объема $V_{нач}$;
- через время не менее 400 секунд остановите секундомер в момент смены младшего разряда ЖКИ, зафиксируйте конечное значение объема $V_{кон}$ и время измерения T_c ;
- относительную погрешность измерительного канала УР1 в режиме измерения объема (массы) рассчитывают по формуле:

$$E_{V1} = \frac{V_{кон} - V_{нач} - V_{расч}}{V_{расч}} \cdot 100\% \quad (10)$$

где:

$$V_{расч} = \frac{q_{расч} \cdot T_c}{3600} \quad (11)$$

$q_{расч}$ - значение расхода по формуле 6, м³/ч;

T_c - время измерения по секундомеру, с;

- переключаясь на измерительные каналы УР2 (УР3, УР4), произведите измерение относительной погрешности E_{V2} (E_{V3} , E_{V4}) электронного блока в режиме измерения объема по каналам УР2 (УР3, УР4), аналогично измерению по каналу УР1.

Результат операции поверки считается положительным, если относительные погрешности E_{V1} , E_{V2} (E_{V3} , E_{V4}) находятся в пределах $\pm 0,6\%$.

Примечание – Изменение температуры поверочной жидкости за время измерения погрешности объема не должно превышать $\pm 1,0\text{ }^\circ\text{C}$.

10.1.4.2 Относительную погрешность электронного блока (измерительные каналы ВС3, ВС4, ВС5, ВС6) при преобразовании входных сигналов и индикации объема теплоносителя (воды) определяют следующим образом:

- подключите к измерительным входам ВС3, ВС4, ВС5, ВС6 генератор импульсов согласно рисунка 1 или 2. Установите частоту следования импульсов генератора 10 Гц, соответствующую $0,1 \cdot q_s$;
- установите окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Накоп.Объем". Перейдите в режим отображения накопленного объема V3, V4 по каналам ВС3, ВС4;
- в момент смены значения младшего разряда ЖКИ включите секундомер и зафиксируйте начальное значение объема $V_{нач}$;
- через время не менее 400 секунд остановите секундомер в момент смены младшего разряда ЖКИ, зафиксируйте конечное значение объема $V_{кон}$ и время измерения T_c ;
- относительная погрешность измерительного канала ВС3 в режиме измерения объема рассчитайте по формуле:

$$E_{V3} = \frac{V_{кон} - V_{нач} - V_{расч}}{V_{расч}} \cdot 100\% \quad (12)$$

где:

$$V_{расч} = \frac{q_{з.дог} \cdot T_c}{3600} = 27 \cdot T_c \quad (13)$$

где: T_c - время измерения по секундомеру, с.

Определение относительных погрешностей E_{V4} , E_{V5} , E_{V6} электронного блока в режиме измерения объема по каналам ВС4, ВС5, ВС6, производится аналогично измерению по каналу ВС3.

Результаты операции поверки считаются положительными, если относительные погрешности E_{V3} , E_{V4} , E_{V5} , E_{V6} не превышают $\pm 0,6 \%$.

10.1.5 Определение абсолютной погрешности теплосчетчика в режиме измерения температуры и разности температур

10.1.5.1 Абсолютная погрешность электронного блока в режиме измерения температуры определяется следующим образом:

- подключите магазины сопротивления (МС) к измерительным каналам температуры ПТС1 и ПТС2 согласно схеме, изображенной на рисунке 8.1 или ПТС1, ПТС2, ПТС3, ПТС4 согласно схеме, изображенной на рисунке 8.2, или 8.3, или 8.4;
- пользуясь таблицей 10.1.3, установите с помощью курбелей панели управления магазинов значение сопротивления, соответствующее значению поверочной температуры;

Т а б л и ц а 10.1.3

Расчетное значение температуры, °C	Мера сопротивления, Ом
25	109,89
75	129,44
150	158,23

- войдите в окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Температура";
- нажмите кнопку "┐". Вычислитель должен перейти в режим отображения температуры по каналам ПТС1 и ПТС2;
- после стабилизации показаний зафиксируйте величину температуры по ЖКИ;
- рассчитайте абсолютную погрешность измерительных каналов температуры вычислителя ПТС1 и ПТС2 по формулам:

для канала ПТС1

$$D_{\theta 1}^B = (\theta_{мс} - \theta_{\phi 1}) \quad (14)$$

для канала ПТС2

$$D_{\Theta 2}^B = (\Theta_{mc} - \Theta_{\phi 2}) \quad (15)$$

где:

Θ_{mc} – значение температуры, заданной мерой сопротивления, °C;

$\Theta_{\phi 1}$ и $\Theta_{\phi 2}$ – значение температуры, измеренное вычислителем по каналам ПТС1 и ПТС2, соответственно, °C.

Рассчитайте абсолютную погрешность $D_{\Theta 3}^B$, $D_{\Theta 4}^B$ измерительных каналов температуры ПТС3 и ПТС4 аналогично расчету по каналам ПТС1 и ПТС2.

Результаты поверки считаются положительными, если абсолютные погрешности $D_{\Theta 1}^B$, $D_{\Theta 2}^B$, $D_{\Theta 3}^B$, $D_{\Theta 4}^B$ измерительных каналов температуры ПТС1, ПТС2, ПТС3, ПТС4 находятся в пределах $\pm 0,1$ °C, и при измерении разности температуры по каналам ПТС1 и ПТС2, а также ПТС3 и ПТС4 не превышает $\pm 0,03$ °C.

10.1.5.2 Определение абсолютной погрешности теплосчетчиков при измерении температуры теплоносителя (воды).

Абсолютная погрешность теплосчетчиков (измерительный канал температуры ПТС1) определяется по формуле:

$$D_{\Theta 1} = \pm \sqrt{(D_{\Theta 1}^П)^2 + (D_{\Theta 1}^B)^2} \quad (16)$$

где: $D_{\Theta 1}^П$ – абсолютная погрешность преобразователя температуры, определяют по результатам последней поверки преобразователя температуры, %.

Абсолютные погрешности $D_{\Theta 2}$, $D_{\Theta 3}$, $D_{\Theta 4}$ теплосчетчиков при измерении температуры по измерительным каналам ПТС2, ПТС3 и ПТС4 рассчитываются аналогично расчету по каналу ПТС1.

Результаты поверки считаются положительными, если значения $D_{\Theta 1}$, $D_{\Theta 2}$, $D_{\Theta 3}$, $D_{\Theta 4}$ не более $\pm (0,6 + 0,004 \cdot \Theta)$, где Θ – измеренная температура, °C.

10.1.6 Определение относительной погрешности теплосчетчиков при измерении разности температур теплоносителя.

Относительную погрешность теплосчетчиков при измерении разности температур между измерительными каналами ПТС1 и ПТС2 вычисляют по формуле:

$$E_{\Delta \Theta 1} = \pm \sqrt{(E_{\Delta \Theta 1}^П)^2 + (E_{\Delta \Theta 1}^B)^2} \quad (17)$$

где:

$E_{\Delta \Theta}^П$ – относительная погрешность преобразователя разности температур, определяют по результатам последней поверки преобразователей, %;

$E_{\Delta \Theta}^B$ – относительная погрешность измерения разности температур электронного блока, %.

Значение $E_{\Delta \Theta}^B$ определяется в % по формуле:

$$E_{\Delta \Theta}^B = \pm \frac{(\Theta_{\phi 1} - \Theta_{\phi 2})}{\Delta \Theta} \quad (18)$$

где:

$\Delta \Theta$ – расчетное значение разности температур, °C;

$\Theta_{\phi 1}$ и $\Theta_{\phi 2}$ – значения температур, измеренные электронным блоком по каналам ПТС1 и ПТС2 соответственно по методике, описанной в п. 10.1.5.1 Расчетные значения температур устанавливать, пользуясь таблицей 10.1.5.

Относительную погрешность теплосчетчиков при измерении разности температур по измерительным каналам ПТС3 и ПТС4 $E_{\Delta \Theta 2}$ вычисляют аналогично расчету погрешности по каналам ПТС1 и ПТС2.

Результаты операции поверки считаются положительными, если относительная погрешность при измерении разности температур, %, не более $\pm(0,5 + 3 \cdot \Delta\Theta_{\min} / \Delta\Theta)$, где $\Delta\Theta$ – измеренная разность температур.

10.1.7 Проверку сохранения введенных параметров и измеренной информации проводят путем отключения теплосчетчиков от сети на 10 минут.

После включения войдите в окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ. УР1, УР2, УР3, УР4" и, манипулируя кнопками, просмотрите правильность сохраненных параметров.

Войдите в окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Накоп.Объем, м³" и, манипулируя кнопками, просмотрите правильность сохраненных значений объема V по каналам УР1, УР2, УР3, УР4.

Теплосчетчики считают выдержавшим испытания, если сохраняются все запрограммированные коэффициенты и накопленная информация.

10.1.8 Определение относительной погрешности электронного блока (при преобразовании входных сигналов и индикации тепловой мощности).

В зависимости от модели теплосчетчика собирают схему поверки в соответствии с п.10.1.2, 10.1.4 и 10.1.5 и подают на входы ЭБ значения согласно таблицам 10.1.4 и 10.1.5.

Относительную погрешность электронного блока при преобразовании входных сигналов и индикации тепловой мощности для теплового ввода ТВ1, определяют для каждого из трех расчетных значений расхода теплоносителя и температур, указанных в таблице 10.1.4 следующим образом:

Т а б л и ц а 10.1.4

Расход в трубопроводах, м ³ /ч		Температура теплоносителя, °С			Разность температур, $\Delta\Theta$, °С
в подающем	в обратном	в подающем	в обратном	в подпиточном	
q _{s1}	q _{s2}	95	92	5	3
0,1 · q _{s1}	0,1 · q _{s2}	105	95	5	10
q _{i1}	q _{i2}	150	130	5	20

Т а б л и ц а 10.1.5

Температура, °С	5	10	50	92	95	105	130	150
Мера сопротивления, Ом	101,98	103,96	119,7	136,02	137,18	141,03	150,61	158,23

- установите окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Условия";
- нажмите кнопку "↓";
- нажмите четыре раза кнопку "→";
- манипулируя кнопками "↑", "↓", "→", "←" установите число 18. Число 18 означает номер схемы узла учета теплотребления согласно руководству по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ". Формула для расчета количества тепловой энергии выбранного узла учета для закрытой системы теплоснабжения принята согласно МИ 2573-2000 и имеет вид:

$$Q_1 = \int_{t_0}^{t_1} [M_1(h_1 - h_2)] \quad (19)$$

$$Q_2 = \int_{t_0}^{t_1} [M_3(h_3 - h_4)] \quad (20)$$

где:

Q₁, Q₂ – количество тепловой энергии, потребленной первым и вторым тепловыми вводами ТВ1, ТВ2, соответственно, ГДж;

M₁, M₃ – масса теплоносителя, прошедшего по подающим трубопроводам первого и второго теплового ввода, соответственно, т;

h₁, h₂, h₃, h₄ – удельная энтальпия теплоносителя, кДж/кг;

t₀ – момент времени, соответствующий началу времени измерения тепловой энергии;

τ_1 – момент времени, соответствующий окончанию времени измерения тепловой энергии;

- установите окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Термопреобраз.";
- установите температуру холодной воды $\Theta_x = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- установите окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Условия"/Характер.ПТС;
- выберите 100П;
- установите окно меню "ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Давление";
- установите величину давление в подающем и обратном трубопроводах 0,65 МПа;
- установите окно меню "СЛУЖЕБН. ДАННЫЕ. Тепловая мощность";
- считайте показания ЖКИ, и зафиксируйте результат измерения тепловой мощности W_n , ГДж/ч;
- рассчитайте значение тепловой мощности W_p в ГДж/ч в соответствии с выражением:

$$W_p = q_1 \cdot \rho_1 \cdot (h_1 - h_2) \quad (21)$$

где:

q_1 – величина расхода по подающему трубопроводу, $\text{м}^3/\text{ч}$,

ρ_1 , – плотность теплоносителя по подающему трубопроводу, $\text{т}/\text{м}^3$.

Значения ρ и h выбирают из таблицы 10.1.6. Данные значения плотности и энтальпии соответствуют табличным данным ГСССД 98-86 при рабочем давлении среды 0,65 МПа.

- определите относительную погрешность вычислителя в режиме измерения тепловой мощности для теплового ввода ТВ1 по формуле:

$$E_{W1}^B = \frac{W_n - W_p}{W_p} \cdot 100\% \quad (22)$$

Измеренное значение тепловой мощности определяется как среднее арифметическое результатов десяти наблюдений:

$$W_n = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^{10} W_{ик} \quad (23)$$

Т а б л и ц а 10.1.6

Температура теплоносителя Θ , $^{\circ}\text{C}$	Давление теплоносителя, P , МПа	Плотность теплоносителя, ρ , $\text{т}/\text{м}^3$	Энтальпия, h ГДж/т
5	0,65	1,00021	0,02167
10	0,65	0,99993	0,04262
20	0,65	0,99643	0,08444
92	0,65	0,96555	0,37738
95	0,65	0,96213	0,39841
105	0,65	0,95568	0,44057
130	0,65	0,93588	0,54666
150	0,65	0,91716	0,63242

Относительную погрешность E_{W2}^B электронного блока при преобразовании входных сигналов и индикации тепловой мощности для теплового ввода ТВ 2 определяют аналогично тепловому вводу ТВ1.

Максимальное и минимальное значение объемного расхода по измерительным каналам УР3 и УР4 и температура по измерительным каналам ПТС3, ПТС4 берутся из таблицы 10.1.4.

Результаты поверки считаются положительным, если относительные погрешности E_{W1}^B и E_{W2}^B находятся в пределах $\pm(0,5 + \Delta\Theta_{\min} / \Delta\Theta)$,

где $\Delta\Theta_{\min}$ – минимальное значение разности температур, $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta\Theta$ – разность температур измеряемой среды в подающем и обратном трубопроводах, $^{\circ}\text{C}$;

10.1.9 Определение относительной погрешности электронного блока (при преобразовании входных сигналов и индикации количества тепловой энергии):

- установите окно меню "ИЗМЕРЕНИЕ. Тепловая энергия";
- нажмите кнопку "↵". Электронный блок должен перейти в режим отображения количества тепловой энергии θ_1 и θ_2 по тепловым вводам ТВ1 и ТВ2, соответственно;
- запустите секундомер в момент смены значения младшего разряда ЖКИ, зафиксировав величину количества тепловой энергии $\theta_{нач}$ по тепловому вводу ТВ1;
- остановите секундомер в момент смены значения младшего разряда ЖКИ, зафиксировав величину количества тепловой мощности $\theta_{кон}$ и время измерения T_c .

Минимальное значение измеренного количества тепловой энергии должно составлять не менее 500 единиц младших разрядов ЖКИ теплосчетчиков.

Относительная погрешность электронного блока при преобразовании входных сигналов и вычислении количества тепловой энергии вычислителя по тепловому вводу ТВ1 определяется по формуле:

$$E_{Q1}^B = \frac{Q_{кон} - Q_{нач} - Q_p}{Q_p} \cdot 100\% \quad (24)$$

$$\text{где:} \quad Q_p = W_p \cdot T_c \cdot 10^3 \quad (25)$$

$Q_{нач}$ – начальное значение тепловой энергии по ЖКИ теплосчетчиков, ГДж;

$Q_{кон}$ – конечное значение тепловой энергии по ЖКИ теплосчетчиков, ГДж;

W_p – расчетное значение тепловой мощности, ГДж/ч;

T_c – время измерения количества тепловой энергии по секундомеру, с.

Рассчитайте относительную погрешность E_{Q2}^B измерения количества тепловой энергии по тепловому вводу ТВ2 аналогично расчету по ТВ1.

Результаты поверки считаются положительными, если относительные погрешности E_{Q1}^B и E_{Q2}^B при соответствующих значениях разности температур не превышают значения:

$$\pm(0,5 + \Delta\theta_{min} / \Delta\theta)$$

где $\Delta\theta_{min}$ – минимальное значение разности температур, °C;

$\Delta\theta$ – разность температур измеряемой среды в подающем и обратном трубопроводах, °C;

10.1.10 Определение относительной погрешности теплосчетчиков при измерении количества тепловой энергии

Относительная погрешность теплосчетчиков при измерении количества тепловой энергии на тепловом вводе ТВ1 $Q_{\theta 1}$ вычисляют по формуле:

$$E_Q = \pm(E_{V1} + E_{\Delta\theta 1} + E_{Q1}^B) \quad (26)$$

где

E_{V1} - относительная погрешность измерительного канала объемного расхода в подающем трубопроводе, определяют по формуле (10), %;

E_{Q1}^B - относительная погрешность вычислителя по вычислению тепловой энергии, определяют по формуле (24), %;

$E_{\Delta\theta 1}$ - относительная погрешность измерения разности температур между измерительными каналами ПТС1 и ПТС2, определяют по формуле (17), %.

Относительная погрешность теплосчетчиков E_{Q2} при измерении количества тепловой энергии на тепловом вводе ТВ2 вычисляют аналогично расчету по тепловому вводу ТВ1.

Результаты поверки считаются положительными, если относительные погрешности $\delta_{\theta 1}$, $\delta_{\theta 2}$ не превышают пределов, приведенных в таблице 10.1.7

Таблица 10.1.7

Разность температур $\Delta\theta$, °С	Объемный расход, м³/ч	Пределы допускаемой погрешности, %	
		для класса 1	для класса 2
145	$0,1 \cdot q_{sl}$	$\pm 2,2$	$\pm 3,3$
15	$0,1 \cdot q_{sl}$	$\pm 2,9$	$\pm 4,0$
3	$0,1 \cdot q_{sl}$	$\pm 6,1$	$\pm 7,2$

10.1.11 Определение приведенной погрешности преобразователей избыточного давления

Проверяются сведения в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о результатах поверки преобразователей избыточного давления, входящих в состав теплосчетчика, а также, при наличии, свидетельства о поверке средств измерений, и (или) паспорта (формуляры) средств измерений с записью о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Приведенная погрешность преобразователей избыточного давления берется из паспорта (формуляра) преобразователя избыточного давления.

10.1.12 Определение приведенной погрешности электронного блока при преобразовании входных сигналов и индикации избыточного давления.

Определение приведенной погрешности электронного блока при преобразовании входных сигналов и индикации избыточного давления по измерительному входу ПД1.

Определение проводят для каждого из трех расчетных значений давления: $0,25 \cdot P_B$, $0,5 \cdot P_B$, P_B , где P_B – верхний предел номинального диапазона измерений преобразователя давления, МПа.

Приведенную погрешность по измерительному входу ПД1 определяют следующим образом:

- подключите к измерительным входам электронного блока источник постоянного тока, согласно рисунку 8.1 или 8.2. Установите ток источника тока в соответствии с данными таблицы 10.1.8;

- войдите в окно меню режимов "ИЗМЕРЕНИЕ. Давление";

- нажмите кнопку "↵", электронный блок должен перейти в режим отображения величины давления по каналу ПД1;

- после стабилизации показаний зафиксировать величину давления по показаниям ЖКИ.

- рассчитайте приведенную погрешность измерительного канала давления ПД1 вычислителя по формуле:

$$\gamma_{P1}^B = \frac{P_1 - P_{расч}}{1,6} \cdot 100\% \quad (27)$$

где $P_{расч}$ – значение давления, приведенное в таблице 10.1.8

Таблица 10.1.8

Точки измерения	Значение давления $P_{расч}$, МПа	Ток, мА
P_{max}	1,6	20
$0,25 \cdot P_{max}$	0,4	8

Рассчитайте приведенные погрешности γ_{P2} , γ_{P3} , γ_{P4} электронного блока для каналов давления ПД2, ПД3, ПД4, аналогично расчету по каналу ПД1.

Результат поверки считается положительным, если приведенные погрешности вычислителя γ_{P1} , γ_{P2} , γ_{P3} , γ_{P4} находятся в пределах $\pm 0,5\%$.

Примечание – При наличии нескольких источников постоянного тока возможно производить измерение одновременно по нескольким каналам.

10.1.13 Определение приведенной погрешности теплосчетчиков при измерении избыточного давления

Приведенная погрешность γ_P теплосчетчиков при измерении избыточного давления по каналу ПД1 определяется по формуле:

$$\gamma_P = \pm \sqrt{(\gamma_P^П)^2 + (\gamma_{P1}^B)^2} \quad (28)$$

где:

$\gamma_P^П$ - приведенная погрешность преобразователя давления, %;

γ_{P1}^B - приведенная погрешность электронного блока, %.

Приведенные погрешности теплосчетчиков при измерении давления по каналам ПД2, ПД3, ПД4 γ_{P2} , γ_{P3} , γ_{P4} , рассчитываются аналогично расчету по каналу ПД1.

Результат поверки считается положительным, если вычисленные значения γ_{P1} , γ_{P2} , γ_{P3} , γ_{P4} находятся в пределах $\pm 2,0$ %.

10.1.14 Определение относительной погрешности теплосчетчиков при измерении интервалов времени

Определение относительной погрешности теплосчетчиков при измерении интервалов времени проводят путем сравнения выводимых на ЖКИ ЭБ теплосчетчика показаний времени теплосчетчика и секундомера. Относительную погрешность определяют для интервала времени не менее 3600 с. На ЖКИ ЭБ теплосчетчика выводят показания часов. На секундомере запускают режим измерения интервала времени. По окончании измерения фиксируют показания секундомера и теплосчетчика. Измерения проводят не менее трех раз.

Относительную погрешность измерения интервалов времени вычисляют по формуле:

$$\delta_{врв} = \frac{T_{врв} - T_{эж}}{T_{эж}} \cdot 100$$

где $T_{врв}$ – интервал времени, измеренный теплосчетчиком, с;

$T_{эж}$ – интервал времени, измеренный секундомером, с;

Результаты определения метрологических характеристик считают положительными, если относительная погрешность при измерении интервалов времени не превышает пределов $\pm 0,01$ %.

10.2 Определение и измерение линейно-угловых параметров УПР

К линейно-угловым параметрам относятся: внутренний диаметр, расстояние между ПЭП, угол наклона, смещение оси акустического канала (АК).

10.2.1 Данные параметры измеряются для УПР на этапе I первичной поверки на предприятии-изготовителе, поэтому методика их измерения определяется имеющимися на предприятии СИ, технологическими процессами и т.д.

10.2.1.1 Измерение внутреннего диаметра корпуса УПР

Внутренний диаметр корпуса УПР измеряют штангенциркулем по двум взаимоперпендикулярным направлениям I-I и II-II (D_I и D_{II}) (рисунок 10.2.1). Погрешность измерения не более $\pm 0,1$ мм

По каждому из направлений корпуса выполняют не менее 11 измерений.

Вычисляют среднеарифметическое значение внутреннего диаметра:

$$D_{n'} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{n} \sum D_{III} + \frac{1}{m} \sum D_{II} \right) \quad (29)$$

где:

n – количество измерений диаметров в плоскости II,

m – количество измерений диаметров в плоскости I

Вычисленное значение D_N заносится в протокол.

До монтажа УПР в реальный трубопровод по такой же методике измеряют внутренний диаметр трубопровода (с учетом отложений) и согласно формуле (29) вычисляют его среднее значение DN.

После проведения измерений проверяют выполнение условия:

$$|D_n - D_{n'}| \leq 0,05 D_n \quad (30)$$

Если условие (30) не выполняется, то монтаж УПР в данном месте допускается только с установкой прямолинейных участков, отвечающих условию $15 \cdot DN$ до и $5 \cdot DN$ после УПР.

10.2.1.2 Измерение расстояния между ПЭП в УПР

Измерение расстояния между ПЭП в УПР возможно двумя способами:

а) механическим - с помощью нутромера или штанги и глубиномера. Измерения повторяют не менее 11 раз и вычисляют среднеарифметическое значение L . Погрешность измерения не более 0,05 мм. При этом должно выполняться условие: $|L_i - L| \leq 0,02$ мм. Результат вычисления L заносят в протокол.

б) электронным - с помощью электронного блока, поверенного по п.10.1.3 настоящей инструкции на кювете УТ-12. Для этого заполните дистиллированной водой УПР или участок трубопровода с установленными ПЭП так, чтобы излучающие поверхности ПЭП полностью находились под водой. С помощью термометра с погрешностью не более $\pm 0,1$ °C определите температуру воды на уровне установки ПЭП.

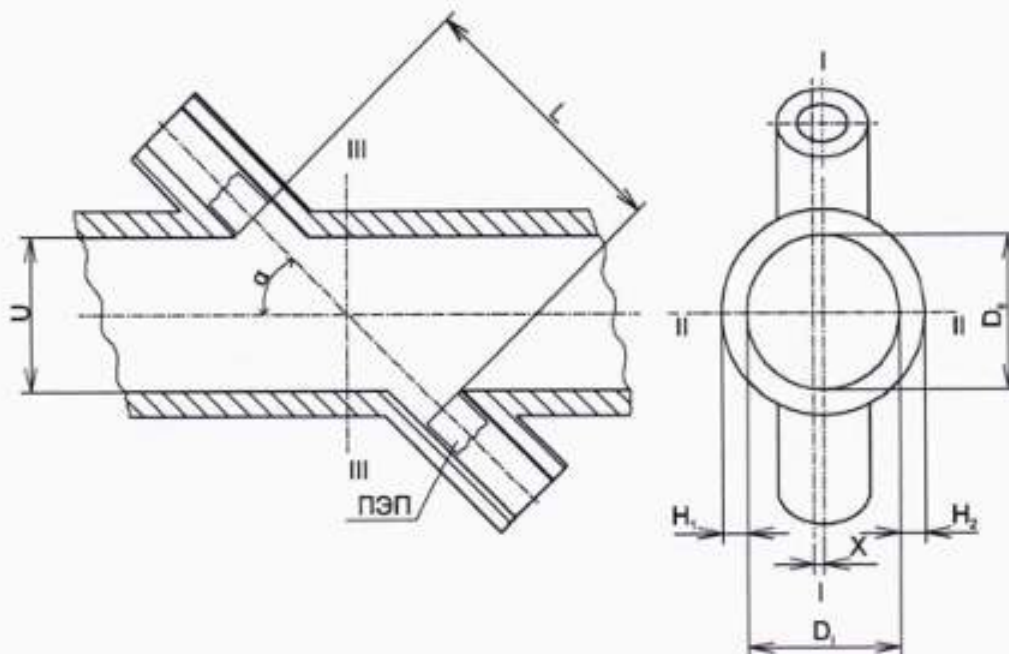


Рисунок 10.2.1 - Эскиз к процедуре измерения внутреннего диаметра

После этого измерьте по п. 10.1.3 время прохождения ультразвуковых импульсов и вычислите расстояние L (м) между ПЭП:

$$L = C_0 \cdot t_{cp} \cdot 10^{-6} \quad (31)$$

где C_0 - скорость ультразвука в воде в м/с при измеренной температуре по таблице приложения Б.

Определение L проведите не менее 11 раз и рассчитайте среднеарифметическое значение L_{cp} :

$$L_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (32)$$

где n - число определений L .

10.2.1.3 Измерение угла наклона оси акустического канала к оси трубопровода

Угол наклона оси акустического канала к оси трубопровода измеряют с помощью штанги и угломера.

Угол измеряют с погрешностью не более $\pm 2'$ не менее 11 раз, предварительно установив штангу в отверстия держателя ПЭП (рисунок 10.2.3). При измерении руководствоваться документом «Приспособление для определения угла наклона оси акустического канала к оси трубы ПР 005. Паспорт ТЕСС.440230.003 ПС».

Вычисляют среднеарифметическое значение α .

При этом должно выполняться условие:

$$|\alpha_{hl} - \alpha| \leq (\pm 30') \quad (33)$$

где $\alpha_{hl} = 45^\circ$.

Результат вычисления α заносится в протокол.

10.2.1.4 Измерение смещения оси акустического канала относительно центральной оси трубопровода

Смещение оси акустического канала относительно центральной оси трубопровода χ (рисунок 10.2.2) определяют с помощью двух измерительных штанг равной длины и штангенциркуля. Одну штангу пропускают через отверстия держателей ПЭП, обеспечивая скользящую посадку, а другую размещают на наружной поверхности трубы так, чтобы точка касания являлась центром штанги. Затем, закрепив концы штанг стяжками (входят в комплект поставки приспособления ПР 001), измеряют расстояние A и A_1 штангенциркулем. Перемещая внешнюю штангу на другую сторону трубопровода и используя вышеуказанную методику, измеряют размеры B и B_1 . Смещение χ , с погрешностью не более $\pm 1\% DN$, определяют по формуле:

$$\chi = \frac{\left| \frac{(A-A_1)}{2} - N_1 - \left| \frac{(B-B_1)}{2} - N_2 \right| \right|}{2} \quad (34)$$

где N_1, N_2 - толщина стенки трубопровода в точках соприкосновения со штангой, м.

Толщину стенки N корпуса УПР измеряют ультразвуковым толщиномером в 2-х точках, определяемых пересечением оси II-II с поверхностью корпуса в плоскости III-III (рисунок 10.2.3).

В каждой точке выполняют не менее 11 измерений, вычисляют среднеарифметическое значение χ .

Проверяют выполнение условия:

$$0,49D_{n'} \leq \chi' \leq 0,51D_{n'} \quad (35)$$

$$\text{где} \quad \chi' = \chi + \frac{D_{n'}}{2} \quad (36)$$

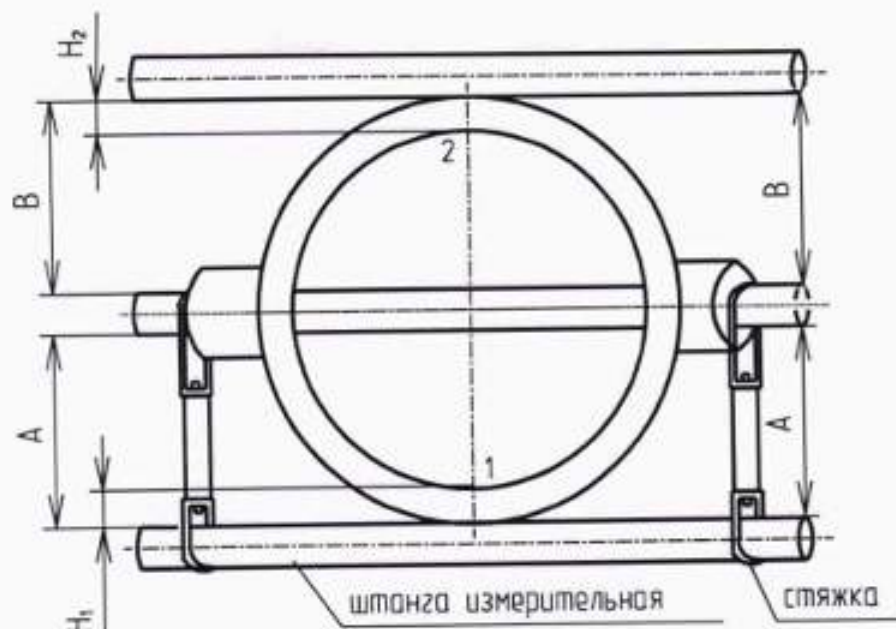
Вычисляют среднеарифметическое значение толщины N .

Результат вычисления χ заносят в протокол.

10.2.1.5 Ввод данных измерений

Значения DN' , L_k , C и L вводят в память.

Параметры L , DN' , α , χ , заносят в протокол приемки теплосчетчиков.



H - толщина трубопровода

Рисунок 10.2.2 - Эскиз к процедуре измерения смещения акустической оси трубопровода

10.2.2 Измерение линейно-угловых параметров трубопровода

Параметры трубопровода измеряются на этапе II первичной поверки до монтажа ПЭП на реальный трубопровод.

В процессе периодической поверки контролируется состояние внутренней поверхности трубопровода и его внутренний диаметр.

Выбор места установки, подготовка и проведение монтажа ПЭП осуществляется согласно указаниям соответствующих разделов инструкции по монтажу ТЕСС 0.030.04 ИМ.

10.2.2.1 Измерение наружного диаметра трубопровода и толщины стенки

10.2.2.1.1 Измерение наружного диаметра трубопровода производится в следующей последовательности:

- рулеткой в сечении I-I (рисунок 10.2.3) не менее 11 раз измеряется длина окружности трубопровода и вычисляется средняя длина окружности L_n , м.
- вычисляется значение диаметра D_n в сечении I-I по формуле:

$$D_n = \frac{L_n}{3,1416} \quad (37)$$

- в зоне измерения длины окружности поверхность трубопровода должна быть очищена.

10.2.2.1.2 Измерение суммарной толщины стенки трубопровода и отложений H_n (рисунок 10.2.5). При помощи измерительной штанги с фиксатором и штангенциркуля измерить расстояние H^{11} , повторить измерение не менее 11 раз и вычислить среднее значение. Определить суммарную толщину стенки трубопровода и отложений H_n по формуле:

$$H_n = H_{нач} \cdot H^{11} \quad (38)$$

где:

$H_{нач}$ – значение "относительной" суммарной толщины стенки трубопровода и отложений, измеренной щупом, входящем в комплект поставок (по заказу) в начальный период эксплуатации теплосчетчиков;

H^{11} – текущее значение "относительной" суммарной толщины стенки трубопровода и отложений, измеренных щупом.

Если трубопровод новый, то $H_{нач} = H^{11}$, тогда $H_n = H$.

Если трубопровод старый, то

$$H_n = D_H - H^{II} + H_{заг} \quad (39)$$

где:

D_H - наружный диаметр трубопровода из п. 10.2.2.1;

$H_{заг}$ - высота заглушки.

Измерение толщины стенки трубопровода и отложений на ней допускается после вскрытия трубопровода.

При монтажных работах допускается производить измерения H_n на вырезанных образцах.

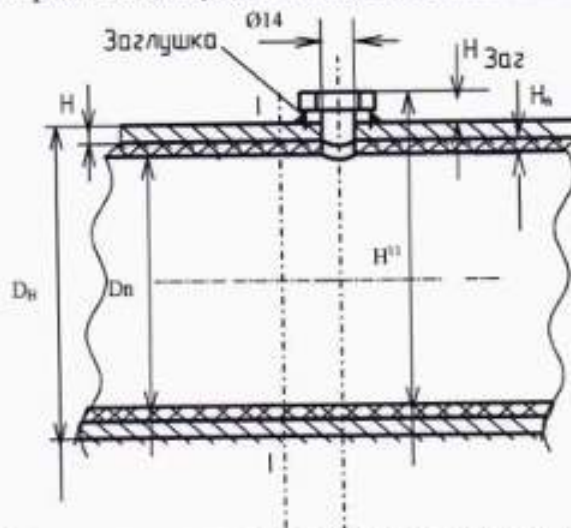


Рисунок 10.2.3 - Эскиз к процедуре измерения суммарной толщины стенки трубопровода и отложений

10.2.2.2 Среднее значение внутреннего диаметра трубопровода в сечении I - I по результатам измерений п. 10.2.2.1 вычисляют согласно выражению:

$$DN = D_H - 2H_n \quad (40)$$

где H_n - толщина стенки с учетом отложений.

Результат вычисления DN заносят в протокол поверки.

10.2.2.3 Определение смещения оси акустического канала

Смещение оси акустического канала относительно центральной оси трубопровода определяют по методике, приведенной в п. 10.2.1.4.

10.2.2.4 Определение длины активной части акустического канала

Значение длины оси акустического канала (активной части) вычисляют по формуле:

$$L_a = \frac{2}{\sin \alpha} \cdot \sqrt{x' \cdot [(R_1 + R_2) \cdot x']} \quad (41)$$

где:

величина радиуса в горизонтальной плоскости

$$R_1 = 0,5 \cdot D_{H1} - H_n \quad (42)$$

величина радиуса в вертикальной плоскости

$$R_2 = 0,5 \cdot D_{H2} - H_n \quad (43)$$

$$x' = x + \frac{DN}{2} \quad (44)$$

D_{H1} - значения наружного диаметра трубопровода в сечении I-I в горизонтальной плоскости трубопровода (п. 10.2.2.1);

$D_{н2}$ - значения наружного диаметра трубопровода в сечении I-I в вертикальной плоскости трубопровода (п. 10.2.2.1);

H_n - толщина стенки с отложениями (рисунок 10.2.3);

χ - значение из п. 10.2.2.3;

D_n - рассчитывается по методике п. 10.2.2.2.

Результат вычисления L_a заносят в протокол поверки.

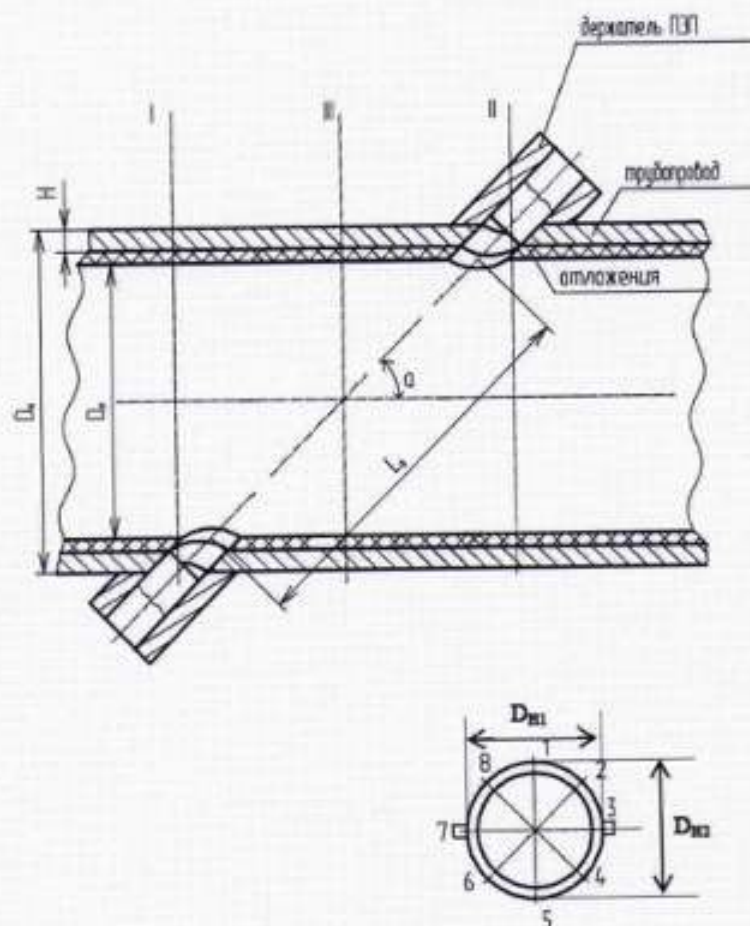


Рисунок 10.2.4 - Эскиз к процедуре измерения длины активной части акустического канала

10.2.2.5 Измерение угла наклона оси акустического канала

Измерение угла проводят с погрешностью не более $\pm 2'$ согласно рисунку 10.2.5 не менее 11 раз, с каждой стороны, вычисляют среднее значение α_n , где $n = 1, 2, 3, 4$ и $\alpha = (\alpha_1 + \alpha_4)/2$.

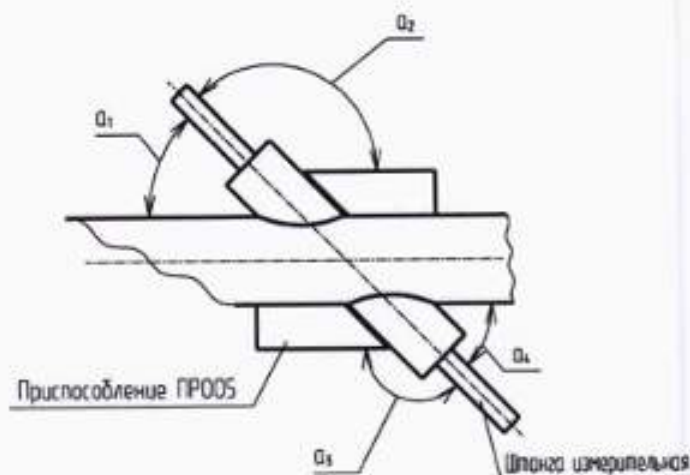


Рисунок 10.2.5 - Эскиз к процедуре измерения угла наклона акустической оси
При этом должны выполняться условия:

$$(\alpha_{h1} - \alpha_n) \leq (\pm 30') \quad (45)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ \pm 1^\circ \quad (46)$$

$$\alpha_3 + \alpha_4 = 180^\circ \pm 1^\circ \quad (47)$$

где $\alpha_{h1} = 45^\circ$.

Результаты вычисления заносят в протокол поверки.

10.2.2.6 Измерение расстояния между ПЭП в трубопроводе возможно электронным и механическим способами

10.2.2.6.1 Измерение расстояния электронным способом выполняется с помощью электронного блока, поверенного по п. 10.1.1 настоящей инструкции на кювете УТ-12. Для этого заполните водой участок трубопровода с установленными ПЭП так, чтобы излучающие поверхности ПЭП полностью находились под водой. С помощью термометра с погрешностью не более $0,1^\circ\text{C}$ определите температуру воды на уровне установки ПЭП.

После этого измерьте по п. 10.1.1 время прохождения ультразвуковых импульсов по и против потока, t_{cp} . Вычислите расстояние L (м) между ПЭП:

$$L = C_0 \cdot t_{cp} \cdot 10^{-6} \quad (48)$$

где C_0 - скорость ультразвука в воде в м/с при измеренной температуре по таблице приложения Б.

Определение L проведите не менее 11 раз и рассчитайте среднееарифметическое значение L_{cp} :

$$L_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (49)$$

где n - число определений L .

10.2.2.6.2 Измерение расстояния механическим способом между ПЭП L проводить с погрешностью не более 1 % от DN в соответствии с рисунком 10.2.6 следующим образом:

- заглушить один из держателей заглушкой;
- установить штангу измерительную в другой держатель до упора в заглушку;
- установить фиксатор на штангу до упора в посадочную поверхность ПЭП;
- вынуть штангу с корпусом из держателя и измерить не менее 11 раз расстояние L_{11} с помощью штангенглубиномера или другого инструмента;

- вычислить среднее значение L_1 . При этом должно выполняться условие $|L_{1i} - L_1| \leq 0,2$ мм;
- вынуть заглушку;
- установить в один из держателей ПЭП с прокладкой и закрепить его гайкой из комплекта поставки с усилием, достаточным для обеспечения герметичности при эксплуатации трубопровода;
- измерить по приведенной выше методике расстояние L_{2i} от излучающей поверхности установленного ПЭП до посадочной поверхности другого ПЭП;
- вычислить среднее значение L_2 . При этом должно выполняться условие $|L_{2i} - L_2| \leq 0,2$ мм;
- вычислить размер L_3 по формуле:

$$L_3 = L_1 - L_2 \quad (50)$$

- удалить установленный ПЭП с прокладкой из держателя;
- установить в другой держатель второй ПЭП с прокладкой и закрепить его гайкой из комплекта поставки с усилием, достаточным для обеспечения герметичности при эксплуатации трубопровода;
- по приведенной выше методике измерить расстояние L'_2 для второго датчика;
- вычислить размер L'_3 по формуле:

$$L'_3 = L_1 - L'_2 \quad (51)$$

- вычислить расстояние между торцами ПЭП1 и ПЭП2 по формуле:

$$L = L_1 - L_3 - L'_3 \quad (52)$$

Вычислить среднее значение L , полученное значение L занести в протокол.

ВНИМАНИЕ!

Перед заменой или повторной установкой ПЭП, необходимо нанести риски друг напротив друга на гайке и корпусе держателя ПЭП. После замены ПЭП затянуть гайку, совместив риски на гайке и держателе ПЭП. При установке использовать новую прокладку.

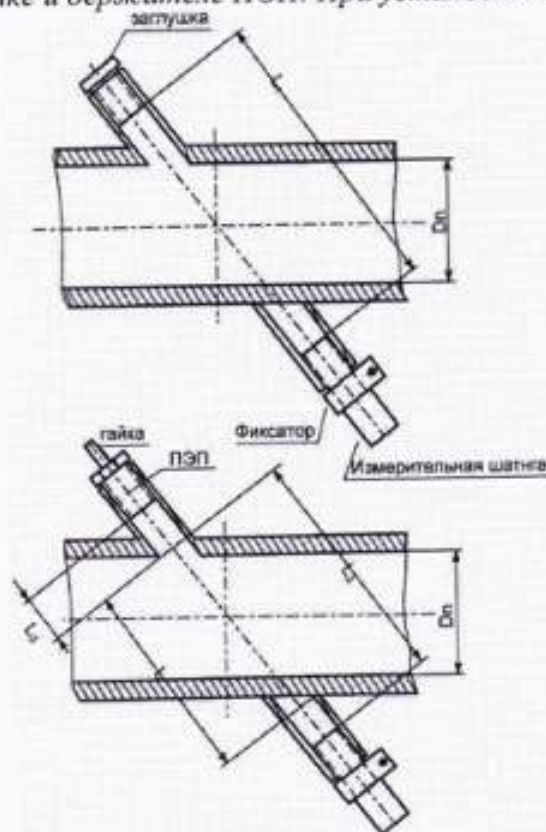


Рисунок 10.2.6 - Эскиз к процедуре измерения расстояния между ПЭП, смонтированными на трубопроводе

10.2.3 Определение коэффициента коррекции

ВНИМАНИЕ!

Программа автоматического расчета $K_{кор}$ размещена на сайте предприятия-изготовителя.

Вручную коэффициент коррекции $K_{кор}$ определяется по формуле:

$$K_{кор} = \left(\frac{1}{K_r}\right) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot K_d \cdot \left(\frac{1}{K_{La}}\right) \quad (53)$$

$$K_d = \left(\frac{L_a}{D_n}\right) \cdot \sin \alpha \quad (54)$$

$$K_{La} = \sqrt{1 \cdot \frac{4 \cdot x^2}{D_n^2}} \quad (55)$$

где:

K_r - гидродинамический коэффициент определяется в п. 10.2.4;

α - фактически измеренный угол наклона из п. 10.2.2.5;

L_a - длина активной части из п.10.2.2.4.

При периодических поверках эквивалентная шероховатость прямых участков трубопровода, прилегающих к УПР и ПЭП, не должна превышать значения 0,15 мм. В противном случае необходимо заново измерить внутренний диаметр трубопровода по п.10.2.2.4 с учетом накопившихся отложений, пересчитать $K_{кор}$ и ввести его в теплосчетчик. Для этого приглашается поверитель. В его присутствии программируется новый $K_{кор}$ для реальных условий и теплосчетчиков водится в эксплуатацию без полной его поверки. Величина отложений определяется с помощью щупа, вставляемого в отверстие трубопровода или УПР. В рабочем режиме отверстие заглушается заглушкой согласно рисунку 10.2.3.

Если визуальный осмотр внутренней поверхности трубопровода невозможен, то из таблицы 10.2.1 выбирается наибольшее значение K_3 , зависящее от материала трубопровода и технологии его изготовления.

Т а б л и ц а 10.2.1 – Эквивалентная шероховатость трубопроводов¹

Материал	Состояние внутренней поверхности трубопровода	K_3 , мм
Латунь, медь алюминий, пластмассы стекло, свинец	Новая, без осадков	<0,03
Сталь	Новая бесшовная:	
	- холоднотянутая	<0,03
	- горячетяннутая	<0,1
	- прокатная	<0,1
	Новая сварная	
	С незначительным налетом ржавчины	<0,1
	Ржавая битумированная:	<0,2
	- новая	<0,05
	- бывшая в эксплуатации	<0,2
	Оцинкованная:	
	- новая	<0,15
	- бывшая в эксплуатации	0,18
Чугун	Новая	0,25
	Ржавая	<1,2
	С накипью	<1,5
	Битумированная, новая	<0,05
Асбестоцемент	Облицованная и необлицованная, новая	<0,03
	Необлицованная, в обычном состоянии	0,05

¹ Таблица взята из ГОСТ 8.586.2-2005.

10.2.4 Определение гидродинамического коэффициента

Гидродинамический коэффициент представляет собой отношение скорости жидкости, осредненной по акустическому каналу теплосчетчиков, к средней скорости жидкости в поперечном сечении трубопровода.

Он зависит от распределения местных скоростей потока в створе установки ПЭП теплосчетчиков, от числа Рейнольдса Re и шероховатости трубопровода.

Гидродинамический коэффициент K_g определяют по формуле:

$$K_g = \frac{(K_{gv} + K_{gn})}{2} \quad (56)$$

где:

K_{gv} - гидродинамический коэффициент, соответствующий максимальному значению Re_{max} ;

K_{gn} - гидродинамический коэффициент, соответствующий минимальному значению Re_{min} .

Числа Рейнольдса Re_{max} , Re_{min} определяют по формуле:

$$Re_{max} = \frac{4q_s}{(\pi \cdot D_n \cdot v_{min})} \quad (57)$$

$$Re_{min} = \frac{4q_i}{(\pi \cdot D_n \cdot v_{max})} \quad (58)$$

где: q_s , q_i - максимальный и минимальный расход рабочего диапазона теплосчетчиков, m^3/c ;

D_n - диаметр трубопровода, м (из п. 10.2.2.2);

v_{min} , v_{max} - значения коэффициента кинематической вязкости в условиях эксплуатации данного теплосчетчиков.

Значение v , соответствующее температуре воды в условиях эксплуатации теплосчетчиков, определяется по данным таблицы 10.2.2.

Значение v других жидкостей определяется согласно ГОСТ 8.025 или измеряется по отобранной пробе вискозиметром.

Т а б л и ц а 10.2.2 – Зависимость значения коэффициента кинематической вязкости от температуры²

t, °C	При 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	1,9805	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	0,3264	0,3229	0,3195	0,3162	0,3129	0,3097	0,3065	0,3035	0,3004	0,2975
100	0,2245	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									

²⁾ 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).

Гидродинамический коэффициент $K_{гв}$ определяют по формуле:

$$K_{гв} = 1,01 + 0,38 \cdot \sqrt{\lambda} \quad (59)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения. Значение коэффициента λ вычисляют по формуле:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re_{max}} + \frac{K_z}{1000 \cdot D_n} \right)^{0.25} \quad (60)$$

где K_z - значение эквивалентной шероховатости трубопровода определяется согласно таблице 11.

Коэффициент $K_{гн}$ определяют по значению коэффициента λ и числу Рейнольдса Re_{min} по графику, изображенному на рисунке 10.2.7.

Результат вычислений $K_{кор}$ заносится в паспорт ТЕСС 00.030.04 ПС и программируется в теплосчетчике.

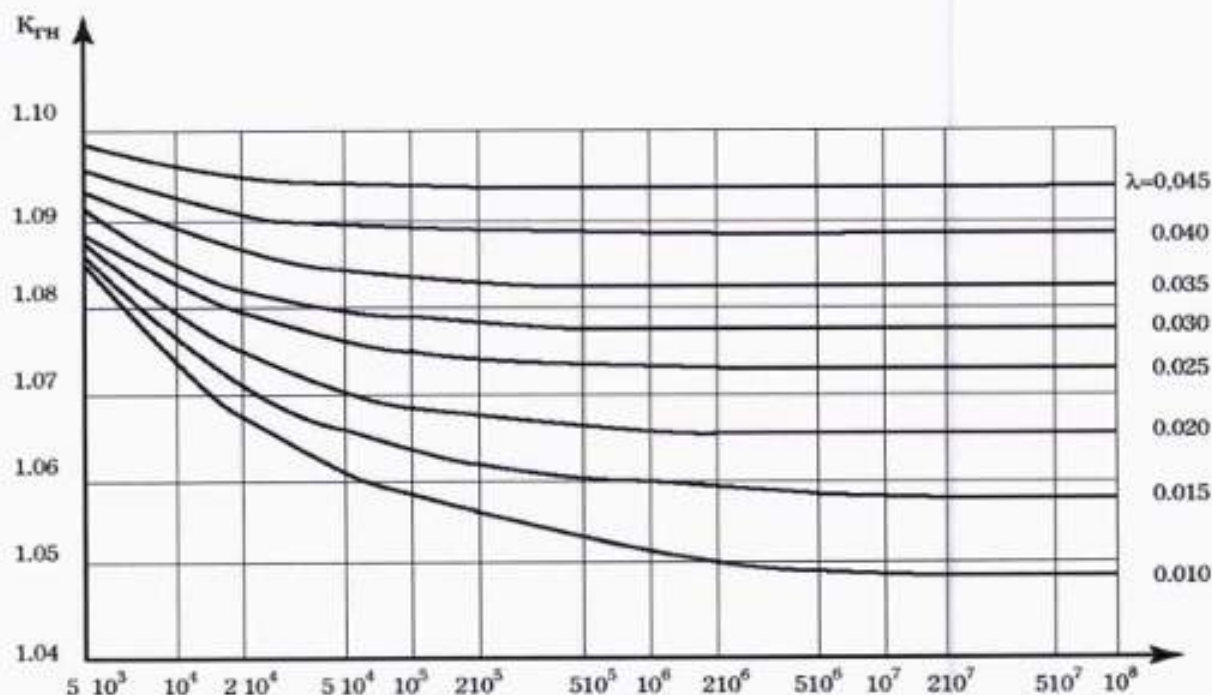


Рисунок 10.2.7 - Зависимость $K_{гн}$ от λ и числа Рейнольдса Re_{min}

10.2.5 Измерение параметров трубопровода при врезке ПЭП по нижней и верхней хордам

10.2.5.1 Измерение параметров трубопровода при врезке ПЭП по хордам выполняется по методикам, описанным в п. 10.2.2 с учетом расположения ПЭП не в диаметральной, а в хордовых плоскостях. Разметка трубопровода при врезке по нижней и верхней хордам производится согласно рисунку 10.2.8.

10.2.5.2 Смещения осей акустических каналов относительно центральной оси трубопровода χ_i (по нижней хорде) и χ_i^1 (по верхней хорде), определяются с помощью измерительной штанги, уровня, отвеса и штангенциркуля согласно рисунку 10.2.9. Штанга пропускается через отверстия держателей ПЭП, обеспечивая скользящую посадку. Приложив уровень к нижней точке «И» трубопровода и, используя отвес, измеряется расстояние $\chi_{нс}$ от точки «С» до уровня (линия 3) не менее 11 раз. Производятся замеры смещения $\chi_{нд}$ точки Д, так же не менее 11 раз. Находят среднее значение замеров χ_n .

$$\chi_N = \frac{\chi_{NC} + \chi_{ND}}{2} \quad (61)$$

и вычисляется смещение акустической оси нижней хорды по формуле:

$$\chi_{И} = \frac{D_H}{2} - \chi_N \quad (62)$$

Аналогично вычисляется смещение χ_N^1 верхней хорды по формуле:

$$\chi_N^1 = \frac{\chi_{NG} + \chi_{NE}}{2}$$

где:

D_H – наружный диаметр трубопровода;

H_n – толщина стенки трубопровода с учетом отложений.

Аналогично вычисляется смещение акустической оси верхней хорды по формуле:

$$\chi_{И}^1 = \frac{D_H}{2} - \chi_N^1 \quad (63)$$

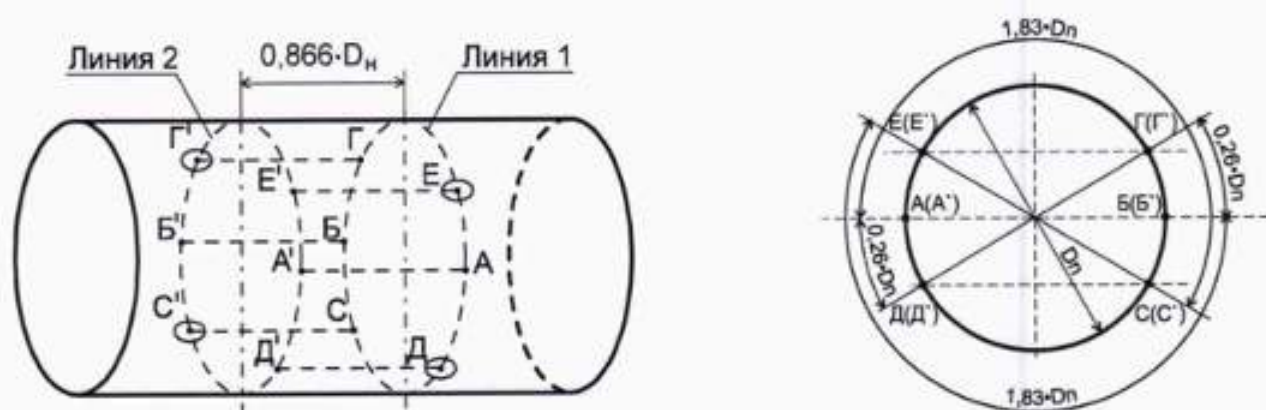


Рисунок 10.2.8 – Разметка трубопровода при врезке по нижней и верхней хордам



Рисунок 10.2.9 – Разметка трубопровода при врезке по нижней и верхней хордам

Формула критерия годности имеет вид:

$$0,245 \cdot D_H < \chi_H < 0,255 \cdot D_H \quad (64)$$

$$0,245 \cdot D_H < \chi_H^1 < 0,255 \cdot D_H$$

где: D_H - наружный диаметр трубопровода.

Формула определения длины активной части имеет вид:

$$L_a = \frac{DN}{\sin \alpha} \cdot \sqrt{1 - \frac{4\chi_H^2}{D_H^2}} \quad (65)$$

DN вычисляется по формуле (40).

10.2.5.3 При выполнении измерений расхода и объема теплоносителя при врезке пьезоэлектрических преобразователей по хорде, выполняются операции, включающие измерения и вычисления значений:

- гидродинамического коэффициента (K_H);
- коэффициента коррекции (K_K);
- программирования теплосчетчиков;
- длин прямых участков.

10.2.5.3.1 Значение коэффициента гидродинамического вычисляется по выражению:

$$K_H = 1,004 + \frac{\lg Re_{\min} \cdot 10^4}{DN} \pm EX \cdot 0,15 \quad (66)$$

где:

$$EX = \chi_H - 0,25 \cdot DN;$$

DN – внутренний диаметр трубопровода;

$Re_{\min}$ – число Рейнольдса минимальное, вычисляется по формуле (58).

10.2.5.3.2 Значение коэффициента коррекции K_K вычисляется по формуле:

$$K_K = \left(\frac{1}{K_H} \right) K \quad (67)$$

где

$$K = \frac{\lg \alpha_H}{\sqrt{1 - \frac{4\chi_H^2}{D_H^2}}} \quad (68)$$

ВНИМАНИЕ!

Программа автоматического расчета K_K размещена на сайте предприятия-изготовителя.

10.2.5.3.3 Программирование теплосчетчиков проводят согласно п. 7.3.1.1 для СТУ-1 Модель 3М.1 и рисунку 7.3 для СТУ-1 Модель М3.2, Модель М3.3 и Модель М3.4 Руководства по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ.

10.2.5.3.4 Установку пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) по верхней хорде производить аналогично установке ПЭП по нижней хорде.

10.2.5.3.5 Значение коэффициента коррекции вычисляется по формуле (67).

10.2.6 При расположении ПЭП по двум хордам на одном трубопроводе, объемный расход и объем жидкости вычисляются как среднеарифметическое значение, измеренное по двум каналам расходомерной части теплосчетчиков. Программирование теплосчетчиков производится в соответствии со схемами теплопотребления № 27 или № 28, представленными в руководстве по эксплуатации ТЕСС 00.030.04 РЭ, таблица 2.6. Усредненное значение расхода q_1 и q_2 выводится на ЖКИ в строке q_5 . Усредненное значение расхода q_3 и q_4 выводится на ЖКИ в строке q_6 .

При обрыве акустической оси (отказ ПЭП или при чрезмерно больших отложениях на поверхности ПЭП) по одной из хорд, теплосчетчики автоматически переходят на расчет зна-

чения расхода по другой действующей хорде, фиксируя отказ в журнале событий и в архиве.

10.2.7 При расположении ПЭП по двум взаимно перпендикулярным или параллельным акустическим осям в диаметральной или хордовой плоскостях на одном трубопроводе, объемный расход и объем жидкости вычисляются как среднеарифметическое значение, измеренное по двум каналам расходомерной части теплосчетчиков.

10.2.8 Периодическая поверка

10.2.8.1 Внешний осмотр, опробование, проверку монтажа теплосчетчиков следует проводить в соответствии с разделом 7.

10.2.8.2 Контроль значений градуировочных данных проводят используя указания руководства по эксплуатации ТЕСС 00.03.0.04 РЭ, выводя на индикатор теплосчетчиков значения градуировочных данных и проверяют их соответствие значениям, приведенным в паспорте ТЕСС 00.030.04 ПС теплосчетчиков.

10.2.8.3 Измерение параметров трубопровода.

В процессе периодической поверки возникает необходимость контроля изменения толщины отложений и, с учетом его, корректируют внутренний диаметр DN.

10.2.8.4 Определение погрешности ЭБ теплосчетчиков в режимах измерения расхода и объема воды в соответствии с п. 10.1.2.

10.2.8.5 При необходимости периодической поверки теплосчетчиков беспроточным методом поверяется только ЭБ в комплекте с кюветой УТ-12 без демонтажа ПЭП с существующего трубопровода.

10.3 Определение погрешности расходомерной части теплосчетчиков на установке поверочной

10.3.1 Перед проведением поверки необходимо осуществить внешний осмотр в соответствии с разделом 7.

10.3.2 Опробование теплосчетчиков осуществляется в следующей последовательности:

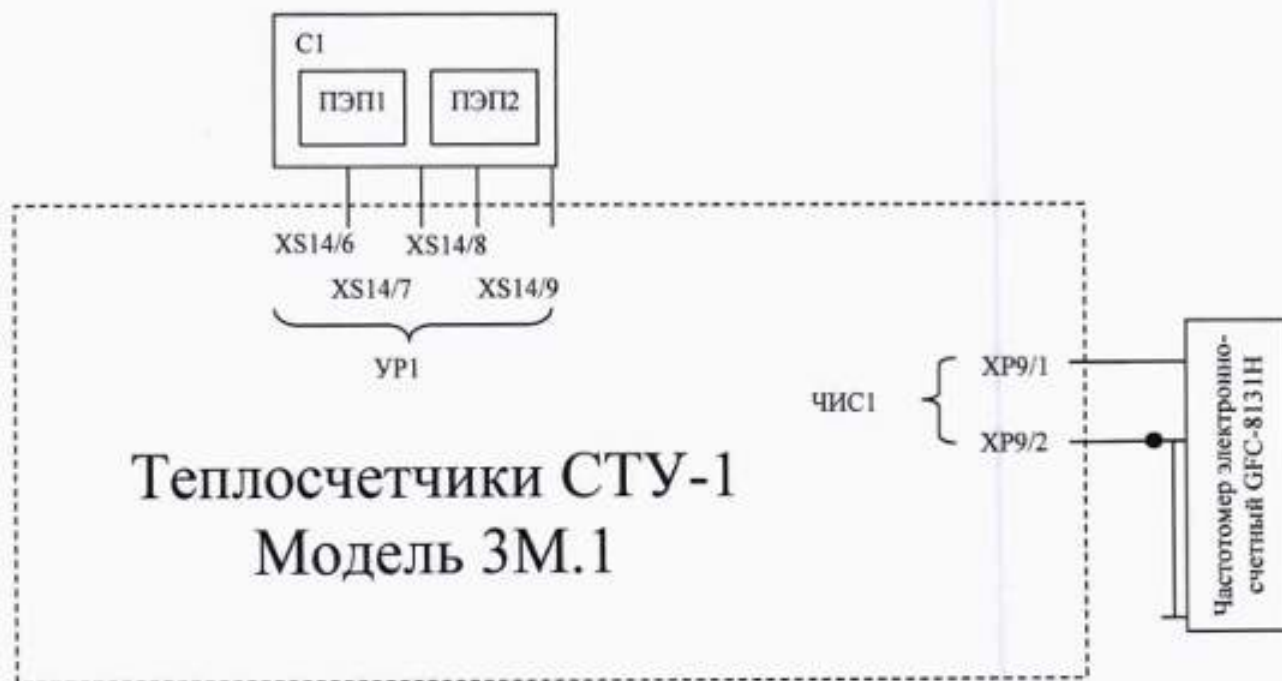
- собрать схему поверки теплосчетчиков, изображенную на рисунке 10.3.1, для Модели 3М.1, или на рисунке 10.3.2 – для Модели 3М.2, или на рисунке 10.3.3 – для Моделей 3М.3 и 3М.4;
- проверить заземление УПР и теплосчетчиков;
- подключить теплосчетчики сети однофазного переменного тока;
- при отсутствии потока теплоносителя по трубопроводу ЖКИ теплосчетчиков должен индицировать нулевое значение расхода;
- при подаче потока на ЖКИ должно отображаться значение расхода, а при индикации объема его значение должно увеличиваться во времени.

ВНИМАНИЕ!

При калибровке теплосчетчиков следует выключить режим аппроксимации. При проведении поверки – включить.

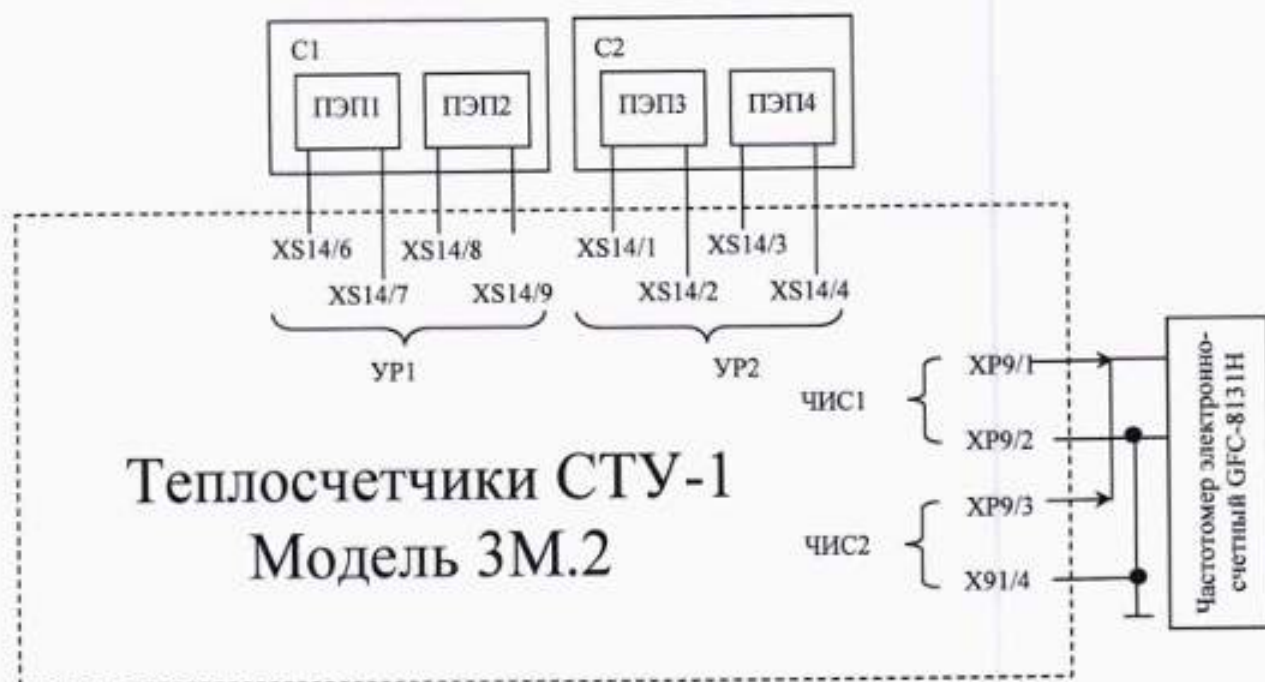
10.3.3 Опробование поверочной установки выполняется согласно руководству по эксплуатации:

- удалить воздух, открывая вентили и пробки до появления однофазной среды;
- пропустить в течение 30 мин поток жидкости через измерительный участок и контролировать показания термометров. Температурный режим считать установившимся, если в течение этого времени разность показаний термометров не превышает $\pm 2^\circ\text{C}$;
- убедиться, что значение давления жидкости на выходе УПР составляет не менее 0,1 МПа;
- произвести 2-3 пробных измерения, при этом контролировать расход по показаниям ЖКИ теплосчетчиков;
- еще раз проверить наличие воздуха, открывая воздушные вентили.



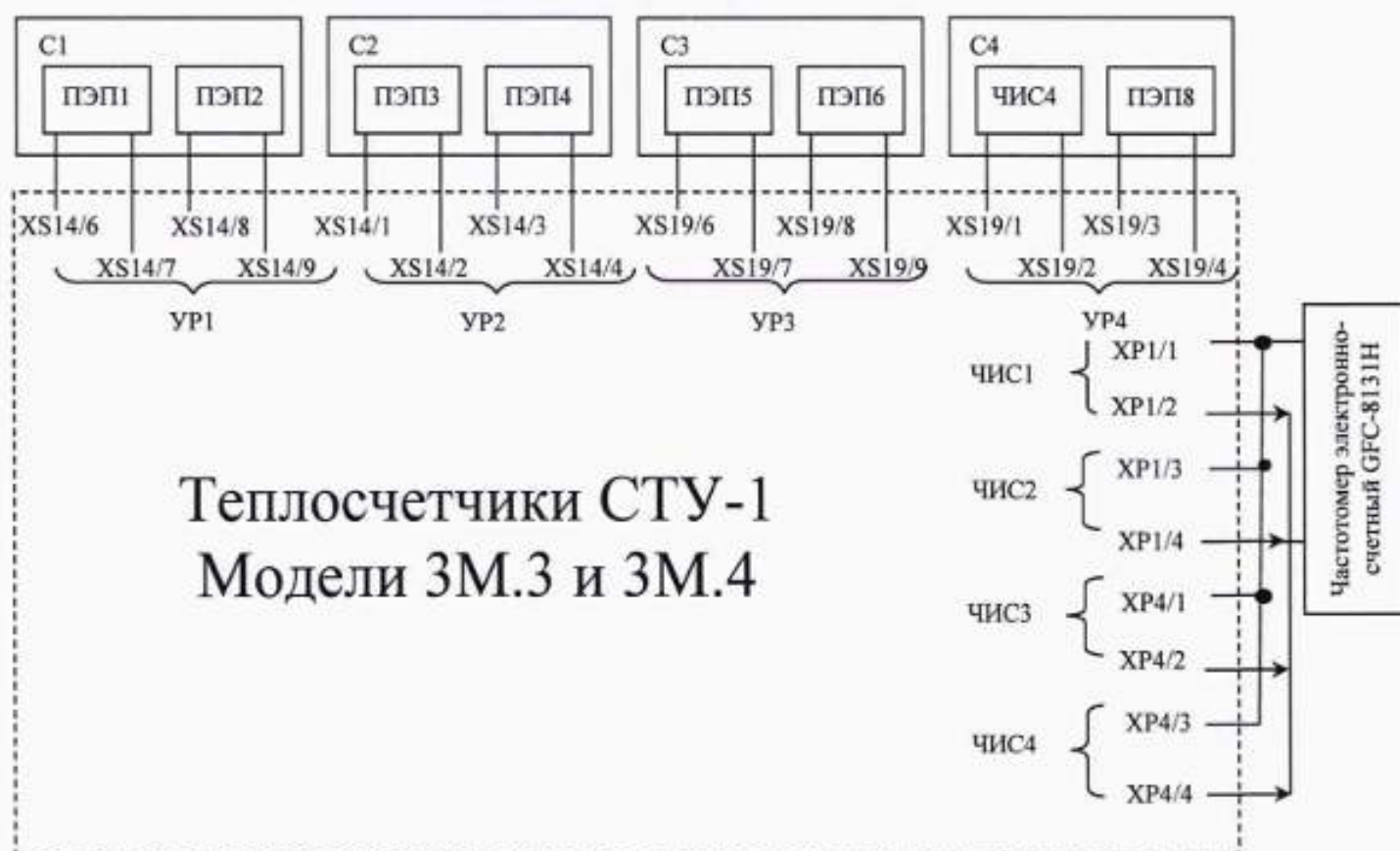
ПЭП 1, 2, 3, 4 – Пьезоэлектрические преобразователи;
 С1, С2 – кювета УТ 12 или УПР;
 XS – разъемы типа DB 9 вилка;
 XP – разъемы типа 15EDGVC-3.81-04P

Рисунок 10.3.1 - Схема поверки теплосчетчика СТУ-1
Модель 3М.1 проливным методом



ПЭП 1, 2, 3, 4 – Пьезоэлектрические преобразователи;
 С1, С2 – кювета УТ 12 или УПР;
 XS – разъемы типа DB 9 вилка;
 XP – разъемы типа 15EDGVC-3.81-04P

Рисунок 10.3.2 - Схема поверки теплосчетчика СТУ-1
Модель 3М.2 проливным методом



ПЭП 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – Пьезоэлектрические преобразователи;
 C1, C2, C3, C4 – кювета УТ 12 или УПР
 XS – разъемы типа DB 9 вилка;
 XP – разъемы типа 15EDGVC-3.81-04P

Рисунок 10.3.3 - Схема поверки теплосчетчика СТУ-1
 Моделей 3М.3 и 3М.4 проливным методом

10.3.4 Определение погрешности теплосчетчиков производится на установке поверочной, обеспечивающей поверку во всем диапазоне изменения расхода (от q_i до q_s), путем взаимного сравнения их показаний. Измерения проводят на следующих значениях расхода: q_s ; $q_{ср} = (q_s + q_i)/2$; q_i , где q_s , q_i - заданные значения соответственно максимального и минимального значения расхода.

При отсутствии этих значений q_s и q_i либо принимается равными договорному значению расхода, либо значению для данного диаметра из таблицы 2.2 Руководства по эксплуатации.

Примечание – Для поверочной установки УПСЖ-50 q_s принимается равным $50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Значения расхода и объема поверочной жидкости, измеренных теплосчетчиком, определяют по показаниям ЖКИ теплосчетчиков и частотомера в режиме счетчика импульсов, подключенного к поверочному выходу.

Внешние сигналы начала и окончания измерения подаются с таймера поверочной установки или вручную.

Минимальный объем воды должен составлять не менее 500 единиц младшего разряда индикатора частотомера, либо должен соответствовать таблице 10.3.1.

Таблица 10.3.1 – Минимальный объем воды, требуемый при проливке теплосчетчиков в зависимости от номинального диаметра УПР для поверочной установки УПСЖ-50

DN, мм	Точка	40	50	50U	65	80	100
Расход, м³/ч	1	12	12	9	20	28	30
	2	1,8	4	3	7	12	12
	3	0,3	0,5	0,3	0,9	0,3	2
Объем, м³	1	100	100	50	200	250	300
	2	50	50	25	100	100	150
	3	5	10	5	20	25	50
DN, мм	Точка	15	20	25	32U	32	40U
Расход, м³/ч	1	1,75	2,4	4,5	5	8	6
	2	0,6	0,8	1,6	1,8	3	3
	3	0,035	0,08	0,12	0,16	0,2	0,2
Объем, м³	1	15	30	30	50	50	50
	2	5	15	15	25	23	25
	3	2	3	3	3	5	5

Значение объема поверочной жидкости, измеренное поверочной установкой, также можно определить в соответствии с инструкцией на данную поверочную установку.

10.3.5 В зависимости от типа используемой поверочной установки в процессе каждого измерения осуществляют регистрацию значения следующих параметров:

1) Установка с эталонными весами:

- время измерения (наполнения бака);
- массу воды;
- температуру воды;
- показания поверяемых теплосчетчиков.

2) Установка с эталонным расходомером-счетчиком:

- время измерения;
- температуру воды;
- объем и расход воды (показания образцового расходомера);
- показания поверяемых теплосчетчиков.

В показания поверяемых теплосчетчиков входят:

- показания индикатора теплосчетчиков по объему, по расходу;
- показания частотомера, подключенного к импульсному выходу, по количеству импульсов.

10.3.5.1 В зависимости от типа используемой для поверки теплосчетчика установки значение объема воды по поверочной установке вычисляется в следующей последовательности:

10.3.5.1.1 Установка с эталонными весами

Объем воды (м³) определяется по формуле:

$$V_{yij} = \frac{1,001 \cdot m_{ij}}{\rho_t} \quad (69)$$

где:

m - масса воды, определенная путем взвешивания, т;

ρ_t - плотность воды в зависимости от ее температуры (берется из справочных данных по ГОСТ 8.142), т/м³С;

1,001 – коэффициент, учитывающий поправку при взвешивании на воздухе.

10.3.5.1.2 Поверочная установка с эталонным расходомером-счетчиком

Расход воды определяется (если показания эталонного счетчика регистрируются в именованных единицах) $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_{ij} = k_{pj} \cdot A_i \quad (70)$$

Объем воды определяется (если показания эталонного счетчика регистрируются в именованных единицах) м^3 :

$$V_{ij} = k_{ej} \cdot N_i \quad (71)$$

где: k_{pj} , k_{ej} – коэффициент преобразования соответственно по расходу и объему эталонного счетчика для данной точки расхода (из свидетельства о поверке);

N_i – количество импульсов;

A_i – показания расходомера, $\text{м}^3/\text{ч}$.

10.3.5.1.3 Значение расхода воды в определенной точке диапазона, если на поверочной установке отсутствует указатель расхода, определяется выражением, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_{ij} = \frac{V_{culj}}{t_{ij}} \quad (72)$$

где t – время измерения, с;

V_{cul} – объем, определенный на поверочной установке;

i, j – индексы порядкового номера измерения и точки расхода, соответственно.

Результаты вычислений заносятся в рабочий протокол поверки.

10.3.6 Значения погрешности теплосчетчиков в режиме измерения расхода и объема воды вычисляются по индикатору:

$$\delta_{1ij} = \frac{q_{pij} - q_{yij}}{q_{yij}} \cdot 100\% \quad (73)$$

$$\delta_{2ij} = \frac{V_{pij} - V_{yij}}{V_{yij}} \cdot 100\% \quad (74)$$

где: q_y , V_y – расход и объем воды, измеренные поверочной установкой, соответственно $\text{м}^3/\text{ч}$, м^3 ;

q_p , V_p – расход и объем воды, измеренные теплосчетчиками, соответственно $\text{м}^3/\text{ч}$, м^3 ;

i, j – индексы порядкового номера измерения и точки расхода, соответственно.

10.3.7 Значение расхода и погрешности теплосчетчиков по импульсному выходу определяются по формулам, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_i = \frac{2 \cdot S \cdot N \cdot t_{\text{имп}}}{1000 \cdot t_{\text{изм}}} \quad (75)$$

$$\delta_i = \frac{q_i \cdot q_y}{q_y} \cdot 100\% \quad (76)$$

где:

δ_i – погрешность расходомера по импульсному выходу;

S – договорное значение расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

N – количество импульсов, подсчитанных частотомером за период измерения $t_{\text{изм}}$;

q_i – значение расхода поверяемого теплосчетчика по импульсному выходу, $\text{м}^3/\text{ч}$;

q_y – значение расхода, измеренное поверочной установкой, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{имп}}$, мс – длительность импульса 5 мс.

10.3.8 Теплосчетчики считаются пригодным к эксплуатации при выполнении условий п. 10.3.9.

10.3.9 При несоответствии погрешности теплосчетчиков таблице 11.1, допускается повторно провести градуировку и выполнить поверку по п. 10.3.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Результаты поверки теплосчетчика считаются положительными если не превышают значений, указанных в таблице 11.1.

Таблица 11.1

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчика при измерении разности температур, %	$\pm(0,5 + 3 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности теплосчетчиков при измерении температуры теплоносителя, °C	$\pm(0,6 + 0,004 \cdot \Theta)$
Пределы допускаемой приведенной погрешности теплосчетчиков при измерении давления, % от диапазона измерений	$\pm 2,0$
Пределы допускаемой относительной погрешности ЭБ при преобразовании входных сигналов и индикации, %	
– объемного (массового) расхода	$\pm 0,5$
– объема (массы)	$\pm 0,6$
– времени распространения ультразвуковых импульсов	$\pm 0,4$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности ЭБ при преобразовании входных сигналов и индикации, °C	
– температуры теплоносителя	$\pm 0,25$
– разности температур теплоносителя	$\pm 0,1$
Пределы допускаемой относительной погрешности ЭБ при преобразовании входных сигналов и индикации избыточного давления теплоносителя, приведенной к верхнему пределу измерений, %	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой относительной погрешности ЭБ при измерении тепловой мощности и количества тепловой энергии, %	$\pm(0,5 + \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчиков при измерении объема и объемного расхода теплоносителя в водяных системах теплоснабжения, %	
– для УПР с врезкой ПЭП по диаметру, %	± 2
– для УПР с врезкой ПЭП по одной хорде, %	$\pm 1,75$
– для УПР с врезкой ПЭП по двум хордам, %	$\pm 1,5$
– для УПР с врезкой ПЭП по двум хордам (DN 80 – DN 1000), %	
$q_s / 10 \leq q \leq q_s$	$\pm 0,75$
$q_i \leq q < q_s / 10$	$\pm 1,0$
$q_i \leq q < q_i$	$\pm 1,5$
– для СТУ-1 Модель 3М.1	$\pm(2 + 0,02 \cdot q_s / q)$, но не более $\pm 5 \%$
– для подключаемых внешних водосчетчиков или расходомеров с импульсными или частотными выходами	$\pm(1 + 0,01 \cdot q_s / q)$, но не более $\pm 3,5 \%$ $\pm(2 + 0,02 \cdot q_s / q)$, но не более $\pm 5 \%$

1	2
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчиков при измерении тепловой энергии в водяных системах теплоснабжения, % – для УПР с врезкой ПЭП по диаметру, % – для УПР с врезкой ПЭП по одной хорде, % – для УПР с врезкой ПЭП по двум хордам, % – для УПР с врезкой ПЭП по двум хордам (DN 80 – DN 1000), % $q_s / 10 \leq q \leq q_s$ $q_l \leq q < q_s / 10$ $q_l \leq q < q_l$ – для СТУ-1 Модель 3М.1 – для подключаемых внешних водосчетчиков или расходомеров с импульсными или частотными выходами	класс 2: $\pm(3 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$ класс 2 $\pm(2,75 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$ класс 2 $\pm(2,5 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$ класс 1: $\pm(2,75 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$ $\pm(3 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$ $\pm(3,5 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta)$ класс 2: $\pm(3 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta + 0,02 \cdot q_s / q)$ класс 1: $\pm(2 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta + 0,01 \cdot q_s / q)$ класс 2: $\pm(3 + 4 \cdot \Delta\Theta_{min} / \Delta\Theta + 0,02 \cdot q_s / q)$
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчиков при измерении интервалов времени, %	$\pm 0,01$
Сокращения: $\Delta\Theta_{min}$ – минимальное значение разности температур, °C; $\Delta\Theta$ – разность температур измеряемой среды, °C; q_s – значение максимального расхода измеряемой среды, м³/ч; q_l – значение переходного расхода измеряемой среды, м³/ч; q_l – значение минимального расхода измеряемой среды, м³/ч; q – значение измеренного расхода измеряемой среды, м³/ч.	

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений и вычислений заносят в протокол поверки теплосчетчика произвольной формы.

12.2 При положительных результатах поверки теплосчетчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие теплосчетчика обязательным требованиям к средствам измерений в соответствии с действующим законодательством РФ, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) в паспорт, а также на пломбы, установленные на корпусе теплосчетчика и на корпусе УПР в соответствии с описанием типа СИ.

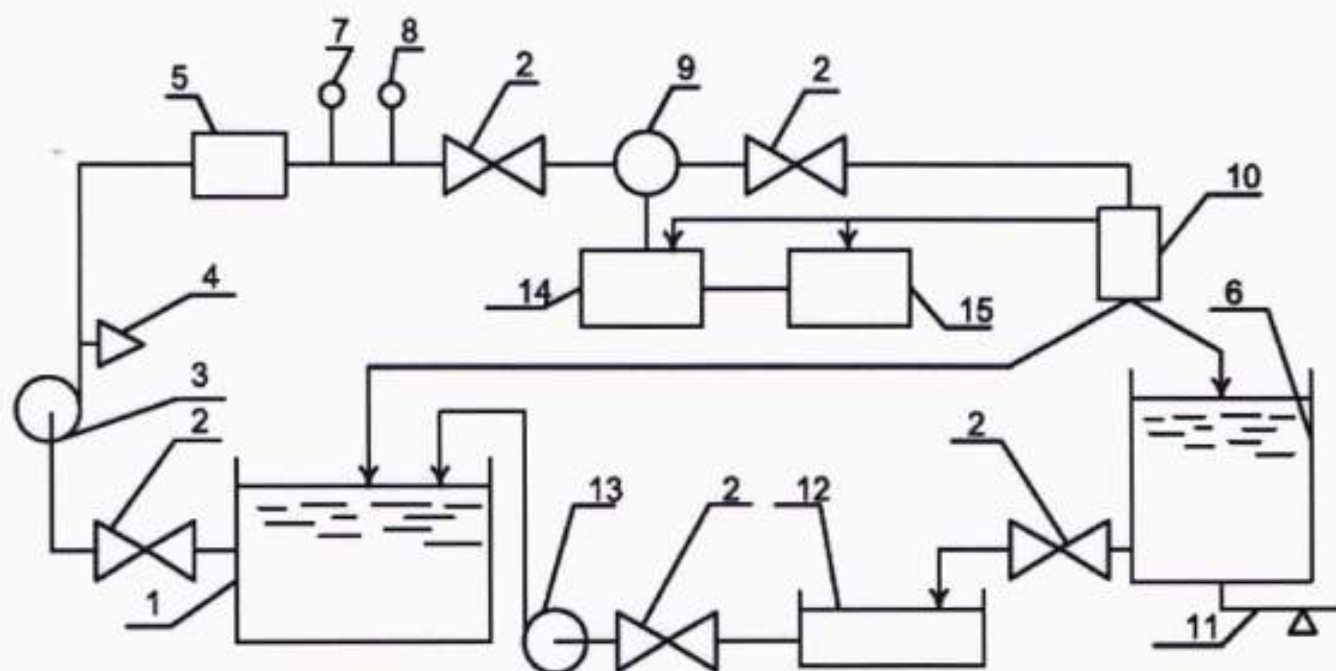
Сведения о результатах поверки теплосчетчика передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством РФ.

12.3 При отрицательных результатах поверки теплосчетчик к применению не допускают, оформляют извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством РФ.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

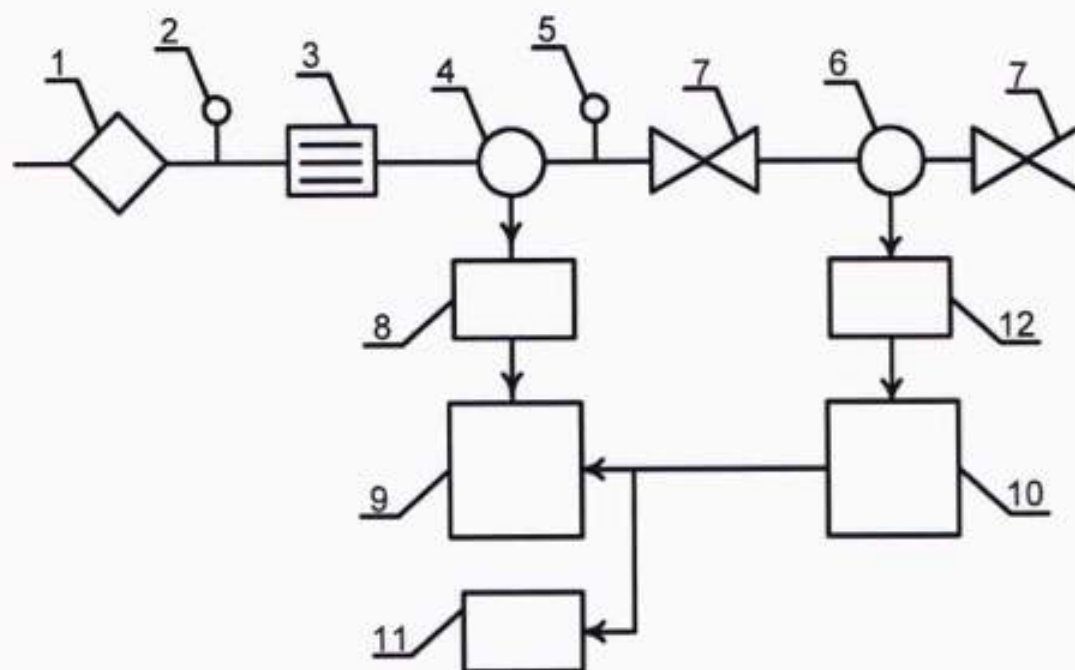
(справочное)

СХЕМЫ ПОВЕРКИ РАСХОДОМЕРНОЙ ЧАСТИ ТЕПЛОСЧЕТЧИКОВ



1 – резервуар, 2 - вентиль, 3 – насос, 4 – воздухоотводчик, 5 – частотомер,
 6 – рабочая емкость, 7 – термометр, 8 – манометр, 9 – расходомер,
 10 – переключатель потока, 11 – весы эталонные, 12 – сливной бак, 13 – насос,
 14 – частотомер, 15 - секундомер

Рисунок А.1 – Схема поверки теплосчетчика СТУ-1 на поверочной весовой установке



- 1 – фильтр, 2 – манометр, 3 – струевыпрямитель, 4 – эталонный расходомер,
 5 – термометр, 6 – расходомер тестовый, 7 – вентиль,
 8 – прибор эталонного расходомера, 9 – счетчик программный реверсный,
 10 – частотомер, 11 – секундомер-таймер, 12 – прибор тестового расходомера

Рисунок А.2 – Схема поверки теплосчетчика СТУ-1 с использованием эталонного счетчика

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

**Зависимость скорости распространения УЗС в воде от температуры
при атмосферном давлении 0,101325 МПа, м/с**

Т а б л и ц а Б.1 – Зависимость скорости распространения УЗС в воде от температуры при атмосферном давлении 0,101325 МПа, м/с

t, °C	При t, °C									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	1402,384	1402,888	1403,390	1403,891	1404,391	1404,890	1405,388	1405,885	1406,380	1406,874
1	1407,367	1407,859	1408,350	1408,839	1409,328	1409,815	1410,301	1410,786	1411,270	1411,753
2	1412,234	1412,715	1413,194	1413,672	1414,149	1414,625	1415,100	1415,574	1416,047	1416,518
3	1416,988	1417,458	1417,926	1418,393	1418,859	1419,323	1419,787	1420,250	1420,711	1421,172
4	1421,631	1422,089	1422,546	1423,002	1423,457	1423,911	1424,364	1424,816	1425,266	1425,716
5	1426,165	1426,612	1427,058	1427,504	1427,948	1428,391	1428,833	1429,274	1429,714	1430,153
6	1430,591	1431,028	1431,463	1431,898	1432,332	1432,764	1433,196	1433,627	1434,056	1434,484
7	1439,130	1439,546	1439,961	1440,375	1440,788	1441,200	1441,611	1442,021	1442,431	1442,839
8	1443,246	1443,652	1444,057	1444,461	1444,864	1444,266	1445,667	1445,068	1446,467	1446,865
8	1447,262	1447,658	1448,054	1448,448	1448,841	1449,234	1449,625	1450,015	1450,405	1450,793
10	1451,181	1451,567	1451,953	1452,338	1452,721	1453,104	1453,486	1453,866	1454,246	1454,625
11	1455,003	1455,380	1455,756	1456,131	1456,506	1456,879	1457,251	1457,622	1457,993	1458,362
12	1458,731	1459,099	1459,465	1459,831	1460,196	1460,650	1460,923	1461,285	1461,646	1462,007
13	1462,366	1462,724	1463,083	1463,439	1463,794	1464,149	1464,503	1464,856	1465,208	1465,559
14	1465,910	1466,259	1466,608	1466,955	1467,302	1467,648	1467,993	1468,337	1468,680	1469,022
15	1469,364	1469,704	1470,044	1470,383	1470,721	1471,058	1471,394	1471,729	1472,063	1472,397
16	1472,730	1473,061	1473,392	1473,722	1474,052	1474,380	1474,708	1475,034	1475,360	1475,688
17	1476,009	1476,332	1476,655	1476,976	1477,297	1477,617	1477,936	1478,254	1478,571	1478,887
18	1479,203	1479,518	1479,832	1480,145	1480,457	1480,769	1481,079	1481,389	1481,698	1482,006
19	1482,313	1482,620	1482,925	1483,230	1483,534	1483,837	1484,140	1484,441	1484,742	1485,042
21	1485,341	1485,640	1485,937	1486,234	1486,530	1486,825	1487,119	1487,413	1487,705	1487,997
22	1488,288	1488,578	1488,868	1489,157	1489,445	1489,732	1490,018	1490,304	1490,588	1490,872
23	1491,155	1491,438	1491,719	1492,000	1492,280	1492,560	1492,838	1493,116	1493,393	1493,669
24	1493,944	1494,219	1494,493	1494,766	1495,038	1495,310	1495,580	1495,850	1496,120	1496,388
25	1496,656	1496,923	1497,189	1497,455	1497,719	1497,983	1498,247	1498,509	1498,771	1499,032
26	1499,292	1499,551	1499,810	1500,068	1500,325	1500,582	1500,837	1501,092	1501,347	1501,600
27	1501,853	1502,105	1502,356	1502,607	1502,857	1503,106	1503,354	1503,602	1503,849	1504,095
28	1504,341	1504,585	1504,830	1505,073	1505,315	1505,557	1505,799	1506,039	1506,279	1506,518
29	1506,756	1506,994	1507,231	1507,467	1507,702	1507,937	1508,171	1508,404	1508,637	1508,869
30	1509,100	1509,331	1509,561	1509,790	1510,018	1510,246	1510,473	1510,699	1510,925	1511,150
31	1511,374	1511,598	1511,821	1512,043	1512,264	1512,485	1512,705	1512,925	1513,144	1513,362
32	1513,579	1513,796	1514,012	1514,227	1514,442	1514,656	1514,869	1515,082	1515,294	1515,505
33	1515,716	1515,926	1516,135	1516,344	1516,552	1516,759	1516,966	1517,172	1517,377	1517,582
34	1517,786	1517,990	1518,192	1518,394	1518,596	1518,796	1518,996	1519,196	1519,395	1519,593
35	1519,790	1519,987	1520,183	1520,379	1520,574	1520,768	1520,961	1521,154	1521,347	1521,538
36	1521,729	1521,920	1522,109	1522,298	1522,487	1522,675	1522,862	1523,048	1523,234	1523,420
37	1523,604	1523,788	1523,972	1524,155	1524,337	1524,518	1524,699	1524,879	1525,059	1525,238
38	1525,416	1525,594	1525,771	1525,948	1526,124	1526,299	1526,474	1526,648	1526,821	1526,994
39	1527,166	1527,338	1527,509	1527,679	1527,849	1528,018	1528,186	1528,354	1528,522	1528,688
40	1528,855	1529,020	1529,185	1529,349	1529,513	1529,679	1529,839	1530,001	1530,162	1530,323
41	1530,483	1530,642	1530,801	1530,959	1531,117	1531,274	1531,431	1531,587	1531,742	1531,897
42	1532,051	1532,205	1532,358	1532,510	1532,662	1532,813	1532,964	1533,114	1533,264	1533,413
43	1533,561	1533,709	1533,856	1534,003	1534,149	1534,294	1534,439	1534,584	1534,727	1534,870
44	1535,013	1535,155	1535,297	1535,438	1535,578	1535,718	1535,857	1535,995	1536,134	1536,271
45	1536,408	1536,544	1536,680	1536,815	1536,950	1537,084	1537,218	1537,351	1537,483	1537,615
46	1537,747	1537,877	1538,008	1538,137	1538,266	1538,395	1538,523	1538,650	1538,777	1538,904
47	1539,030	1539,155	1539,280	1539,404	1539,527	1539,651	1539,773	1539,895	1540,017	1540,137
48	1540,258	1540,378	1540,497	1540,616	1540,734	1540,852	1540,969	1541,085	1541,202	1541,317
49	1541,432	1541,547	1541,661	1541,774	1541,887	1541,999	1542,111	1542,222	1542,333	1542,443
50	1542,553	1542,662	1542,771	1542,879	1542,987	1543,094	1543,200	1543,306	1543,412	1543,517

51	1543,621	1543,725	1543,829	1543,932	1544,034	1544,136	1544,237	1544,338	1544,439	1544,538
52	1544,638	1544,736	1544,835	1544,933	1545,030	1545,127	1545,223	1545,319	1545,414	1545,509
53	1545,603	1545,697	1545,790	1545,882	1545,975	1546,066	1546,158	1546,248	1546,338	1546,428
54	1546,517	1546,606	1546,694	1546,782	1546,869	1546,956	1547,042	1547,128	1547,213	1547,298
55	1547,382	1547,466	1547,549	1547,632	1547,714	1547,769	1547,877	1547,958	1548,038	1548,118
56	1548,197	1548,276	1548,355	1548,432	1548,510	1548,587	1548,663	1548,739	1548,815	1548,890
57	1548,964	1549,038	1549,112	1549,185	1549,257	1549,329	1549,401	1549,472	1549,543	1549,613
58	1549,688	1549,752	1549,821	1549,889	1549,957	1550,024	1550,091	1550,157	1550,223	1550,289
59	1550,354	1550,418	1550,482	1550,546	1550,609	1550,672	1550,734	1550,796	1550,857	1550,918
60	1550,978	1551,038	1551,098	1551,157	1551,215	1551,273	1551,331	1551,388	1551,444	1551,501
61	1551,556	1551,612	1551,666	1551,721	1551,775	1551,828	1551,881	1551,934	1551,986	1552,038
62	1552,089	1552,139	1552,190	1552,240	1552,289	1552,338	1552,386	1552,434	1552,482	1552,529
63	1552,576	1552,622	1552,668	1552,713	1552,758	1552,808	1552,847	1552,890	1552,934	1552,976
64	1553,019	1553,060	1553,102	1553,143	1553,183	1553,223	1553,263	1553,302	1553,341	1553,379
65	1553,417	1553,455	1553,492	1553,528	1553,564	1553,600	1553,635	1553,670	1553,705	1553,739
66	1553,772	1553,805	1553,838	1553,870	1553,902	1553,934	1553,965	1553,995	1554,025	1554,055
67	1554,084	1554,113	1554,142	1554,170	1554,197	1554,224	1554,251	1554,278	1554,303	1554,329
68	1554,354	1554,379	1554,403	1554,427	1554,450	1554,473	1554,495	1554,518	1554,539	1554,561
69	1554,582	1554,602	1554,662	1554,642	1554,661	1554,680	1554,698	1554,716	1554,734	1554,751
70	1554,768	1554,784	1554,800	1554,815	1554,831	1554,845	1554,860	1554,873	1554,887	1554,900
71	1554,913	1554,925	1554,937	1554,948	1554,959	1554,979	1554,989	1554,990	1554,999	1555,009
72	1555,017	1555,025	1555,033	1555,041	1555,048	1555,054	1555,061	1555,066	1555,072	1555,077
73	1555,082	1555,086	1555,090	1555,093	1555,096	1555,099	1555,101	1555,103	1555,105	1555,106
74	1555,106	1555,107	1555,107	1555,106	1555,105	1555,104	1555,102	1555,100	1555,098	1555,095
75	1555,092	1555,088	1555,084	1555,080	1555,075	1555,070	1555,065	1555,059	1555,053	1555,046
76	1555,039	1555,031	1555,024	1555,015	1555,007	1555,998	1554,989	1554,979	1554,969	1554,958
77	1555,947	1554,936	1554,925	1554,913	1554,900	1554,887	1554,874	1554,861	1554,847	1554,833
78	1555,818	1554,808	1554,788	1554,772	1554,756	1554,739	1554,722	1554,705	1554,688	1554,670
79	1555,651	1554,633	1554,613	1554,594	1554,574	1554,543	1554,533	1554,512	1554,491	1554,496
80	1555,447	1554,425	1554,402	1554,379	1554,356	1554,332	1554,307	1554,283	1554,258	1554,233
81	1555,207	1554,181	1554,154	1554,128	1554,100	1554,073	1554,045	1554,017	1554,988	1554,959
82	1555,930	1553,900	1553,870	1553,840	1553,809	1553,778	1553,747	1553,715	1553,683	1553,650
83	1553,617	1553,584	1553,551	1553,517	1553,482	1553,448	1553,413	1553,377	1553,342	1553,306
84	1553,269	1553,232	1553,195	1553,158	1553,120	1553,082	1553,043	1553,004	1552,965	1552,926
85	1552,886	1552,845	1552,805	1552,764	1552,723	1552,681	1552,639	1552,597	1552,554	1552,511
86	1552,468	1552,424	1552,380	1552,335	1552,291	1552,246	1552,200	1552,154	1552,108	1552,062
87	1552,015	1551,968	1551,920	1551,873	1551,824	1551,776	1551,727	1551,678	1551,628	1551,578
88	1551,528	1551,478	1551,427	1551,376	1551,324	1551,272	1551,220	1551,167	1551,115	1551,061
89	1551,008	1550,954	1550,900	1550,845	1550,790	1550,735	1550,679	1550,624	1550,567	1550,511
90	1550,454	1550,397	1550,339	1550,281	1550,223	1550,164	1550,106	1550,046	1549,987	1549,927
91	1549,867	1549,806	1549,745	1549,684	1549,623	1549,561	1549,499	1549,436	1549,374	1549,310
92	1549,247	1549,183	1549,119	1549,055	1548,990	1548,925	1548,859	1548,794	1548,728	1548,661
93	1548,595	1548,528	1548,460	1548,393	1548,325	1548,256	1548,188	1548,119	1548,049	1547,980
94	1547,910	1547,840	1547,769	1547,698	1547,627	1547,556	1547,484	1547,412	1547,339	1547,267
95	1547,193	1547,120	1547,046	1546,972	1546,898	1546,823	1546,748	1546,673	1546,597	1546,521
96	1546,445	1546,369	1546,292	1546,215	1546,137	1546,059	1545,981	1545,903	1545,824	1545,743
97	1545,666	1545,586	1545,506	1545,426	1545,345	1545,264	1545,183	1545,101	1545,019	1544,937
98	1544,855	1544,772	1544,689	1544,605	1544,522	1544,438	1544,353	1544,269	1544,184	1544,099
99	1544,013	1543,927	1543,841	1543,755	1543,668	1543,581	1543,493	1543,406	1543,318	1543,229
100	1543,141	1543,052	1542,963	1542,873	1542,783	1542,693	1542,603	1542,512	1542,421	1543,329

ГСССД 190-2000 Вода. Скорость звука при температурах 0...100 °С и давлениях 0,101325...100 МПа