

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

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»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала
ВНИИР – филиала
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

А.С. Тайбинский



2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕПЛОСЧЕТЧИКИ ГРАН-162

Методика поверки
МП 1782-1-2025

Заместитель начальника
научно-исследовательского
отдела
Р.Р. Миннуллин
Тел. отдела: +7(843) 272-12-02

г. Казань

2025 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на теплосчетчики ГРАН-162 (далее – теплосчетчики).

Прослеживаемость теплосчетчиков к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2025 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой (далее – ГПС) для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 1), согласно приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, к Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С ГЭТ 34-2020 обеспечивается в соответствии с ГПС для средств измерений температуры, согласно приказу Росстандарта от 19.11.2024 № 2712, к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022 обеспечивается в соответствии с ГПС для средств измерений времени и частоты, согласно приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2360.

В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин непосредственным сличением и методом косвенных измерений.

В результате поверки теплосчетчиков должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений расхода жидкости ¹⁾²⁾ , м ³ /ч	от 0,113 до 56548,6
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчика при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости ³⁾ , %	$\pm(2+0,02 \cdot G_{\max}/G)$
Диапазон измерений температуры жидкости (теплоносителя), °С	от +3 до +150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности теплосчетчика при измерении температуры жидкости (теплоносителя), °С	$\pm(0,6+0,004 \cdot t)$
Диапазон измерений разности температур жидкости (теплоносителя), °С	от 3 до 147
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчика при измерении разности температур жидкости (теплоносителя), %	$\pm(0,5+3 \cdot \Delta t_{\min}/\Delta t)$
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчика при измерении интервалов времени, %	$\pm 0,05$
Пределы допускаемой относительной погрешности вычислителя теплосчетчика при вычислении количества теплоты (энергии), %	$\pm(0,5+\Delta t_{\min}/\Delta t)$
Пределы допускаемой относительной погрешности теплосчетчика при измерении количества теплоты (энергии), %	$\pm(3+4 \cdot \Delta t_{\min}/\Delta t + 0,02 \cdot G_{\max}/G)$
Пределы допускаемой приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика ⁴⁾ , %	± 2

G – измеренное значение расхода жидкости, м³/ч;

$G_{\max}$ – наибольшее нормированное значение расхода жидкости, м³/ч;

$\Delta t_{\min}$ – наименьшее значение разности температур, °С;

Δt – измеренное значение разности температур, °С;

t – измеренное значение температуры, °С;

¹⁾ – соотношение наибольшего расхода к наименьшему равно 50;

²⁾ – конкретное значение указано в паспорте;

³⁾ – но не более 5 %;

⁴⁾ – за нормирующее значение принимают наибольшее значение диапазона измерений или разность между максимальным и минимальным значениям диапазона измерений, в зависимости от нормируемой погрешности средства измерений давления, входящего в состав теплосчетчика.

2 Перечень операций поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела	Проведение операции при	
		первичной поверки	периодической поверки
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия, если не оговорено особо:

Измеряемая среда – жидкость (вода) с параметрами:

– температура, °C от +10 до +30

– давление, МПа, не более 2,4

– изменение температуры измеряемой среды в процессе одного измерения, °C, не более $\pm 0,5$

– изменение давления измеряемой среды в процессе одного измерения, МПа, не более $\pm 0,1$

Окружающая среда – воздух с параметрами:

– температура, °C от +10 до +30

– относительная влажность, %, не более 80

– атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

Для средств поверки соблюдаются условия эксплуатации, указанные в эксплуатационных документах.

3.2 Преобразователи давления, входящие в состав теплосчетчика, на момент поверки теплосчетчика должны быть поверены, сведения о положительных результатах поверки должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

3.3 Если срок периодической поверки преобразователей давления (средства измерений избыточного давления) из состава теплосчетчика наступает до срока периодической поверки теплосчетчика, или появилась необходимость проведения внеочередной поверки преобразователя давления, то поверяется только преобразователь давления, при этом внеочередную поверку теплосчетчика не проводят.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

– обладать навыками работы на применяемых средствах поверки;

– знать требования данного документа;

– обладать навыками работы по данному документу.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 3-го разряда (далее – эталон) согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, диапазон измерений (воспроизведения) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости эталона должен соответствовать диапазону средства измерений, пределы относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) должны быть меньше пределов относительной погрешности средства измерений не менее чем в три раза (При определении погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости непосредственным сличением) или Рабочий эталон 5 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, диапазон частот от 100 Гц до 10 кГц, с возможностью счета импульсов в необходимом количестве (При определении метрологических характеристик теплосчетчика при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом косвенных измерений (имитационным методом))	Установки поверочные УПСЖ-ПРО (регистрационный номер 74630-19) или Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3, регистрационный №32359-06 (далее – частотомер)
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, диапазон измерений (воспроизведения) силы постоянного электрического тока от 4 до 20 мА.	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» (регистрационный номер 56318-14)
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 5-го разряда (далее – эталон времени) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, с диапазоном измерения не менее 2 часов, соотношение погрешности эталона времени и погрешности поверяемого средства измерения должно быть не более 1:3	Секундомер электронный Интеграл С-01 (регистрационный номер 44154-20)

1	2	3
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда (далее эталон температуры) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утвержденная приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры» Термостат с необходимой воспроизводимой температурой и нестабильностью поддержания заданной температуры $\pm 0,1$ °C	Термометр лабораторный электронный LTA-Э (регистрационный номер 69551-17) Термостаты жидкостные ТЕРМОТЕСТ (регистрационный номер 39300-08)
Примечания: 1 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого теплосчетчика с требуемой точностью; 2 Эталоны и средства измерений, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы или иметь действующие положительные сведения о поверке, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

– правил безопасности при эксплуатации средств поверки и теплосчетчика, приведенных в их эксплуатационных документах;

– правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;

– правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

6.2 К средствам поверки и теплосчетчику обеспечивают свободный доступ.

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

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

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие теплосчетчика следующим требованиям:

– внешний вид теплосчетчика должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа;

– комплектность и маркировка должны соответствовать эксплуатационным документам;

– на теплосчетчике не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих его применению;

– на теплосчетчике должна быть возможность нанесения знака поверки от несанкционированного вмешательства.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и маркировка теплосчетчика соответствует эксплуатационным документам, на теплосчетчике отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие его применению, на теплосчетчике присутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства или отрицательным, если комплектность и маркировка теплосчетчика не соответствует эксплуатационным документам, на теплосчетчике присутствуют внешние механические повреждения и/или дефекты, препятствующие его применению и/или на теплосчетчике отсутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от

несанкционированного вмешательства. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка выполнения условий разделов 3, 4, 5 и 6 настоящего документа;
- подготовка к работе теплосчетчика и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;
- проверка герметичности соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением. Систему считают герметичной, если при рабочем давлении в течение 15 минут не наблюдается течи и капель жидкости, а также отсутствует падение давления;
- удаление воздуха из гидравлической системы.

8.2 Опробование

При опробовании проверяют работоспособность теплосчетчика путем увеличения или уменьшения расхода жидкости в пределах рабочего диапазона измерений.

При подаче расхода жидкости в пределах диапазона измерений теплосчетчика фиксируют изменения показаний теплосчетчика.

Результат опробования считают положительным, если при увеличении или уменьшении расхода жидкости соответствующим образом изменяются показания теплосчетчика или отрицательным, если при увеличении или уменьшении расхода жидкости соответствующим образом показания теплосчетчика не изменяются. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

9 Проверка программного обеспечения

При проведении поверки выполняют операцию подтверждения соответствия программного обеспечения заявленным идентификационным данным.

Для подтверждения соответствия программного обеспечения проводят проверку идентификационного наименования и номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения. Для просмотра идентификационного наименования и номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения необходимо выбрать соответствующее меню согласно руководству по эксплуатации теплосчетчика. Номер версии появится на дисплее теплосчетчика.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считают положительным, если идентификационное наименование и номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения теплосчетчика соответствует номеру версии (идентификационному номеру), указанному в разделе «Программное обеспечение» описания типа на теплосчетчик или отрицательным, если идентификационное наименование и/или номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения теплосчетчика не соответствует номеру версии (идентификационному номеру), указанному в разделе «Программное обеспечение» описания типа на теплосчетчик. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение погрешности теплосчетчика при измерении температуры

Погрешность теплосчетчика при измерении температуры определяется по результатам сличения одной и той же температуры в термостате, по показаниям теплосчетчика и показаниям эталона температуры.

Абсолютную погрешность термопреобразователей сопротивления определяют при следующих значениях: 3, 80, 150 °C (допустимое отклонение от заданных значений температуры, не выходя за пределы диапазона измерений температуры теплосчетчика, $\pm 0,5$ °C).

Глубина погружения термопреобразователя должна составлять от 90 % до 99 % всей его длины.

Определение погрешности термопреобразователей должно проводиться без гильз.

После выхода термостата на соответствующую температуру, необходимо поместить эталон температуры в термостат и сравнивать с показаниями, измеренными теплосчетчиком. Количество измерений должно быть не менее трех в каждой точке значений температуры.

10.2 Определение погрешности теплосчетчика при измерении разности температур

Погрешность определяется по результатам разности температур, заданных при помощи термостатов и контролируемых показаний эталонов температур и показаний разности температур теплосчетчика.

Относительную погрешность измерения разности температур определяют в точках, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 – Точки определения относительной погрешности измерения разности температур

№ точки	$t_{д1}, ^\circ\text{C}^{1)}$	$t_{д2}, ^\circ\text{C}^{1)}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}^{1)}$
1	8	5	3
2	80	5	75
3	150	3	147

¹⁾ – допустимое отклонение от заданных значений температуры, не выходя за пределы диапазона измерений разности температур теплосчетчика, $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$

В зависимости от информации на корпусе вычислителя места установки преобразователя расхода (подающий или обратный трубопровод), принято считать в данной методике поверки, что термопреобразователь сопротивления предназначенный для монтажа на подающий трубопровод погружают в термостат $t_{д1}$, а термопреобразователь сопротивления предназначенный для монтажа на обратный трубопровод погружают в термостат $t_{д2}$.

Количество измерений должно быть не менее трех в каждой точке значений температуры.

10.3 Определение погрешности при измерении объемного расхода жидкости и объема жидкости в потоке

Определение погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости (для каждого РУ с ПП входящего в состав теплосчетчика) непосредственным сличением выполняется по пункту 10.3.1 (для теплосчетчиков с номинальным диаметром до DN 300 включительно) и/или методом косвенных измерений (имитационным методом) по пункту 10.3.2 (для теплосчетчиков с номинальным диаметром от DN 300 включительно).

10.3.1 Определение погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости непосредственным сличением.

Относительную погрешность определяют по результатам сличения показаний теплосчетчика и показаний эталона расхода при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости на точках расхода, приведенных в таблице 5. Расход задается с точностью $\pm 5 \%$. При каждом значении расхода жидкости проводят не менее 3 измерений.

Таблица 5 – Точки расхода

Номинальный диаметр	Номер точки		
	1	2	3
DN20 – DN100	$Q_{\text{наим}}$	$0,5 \cdot Q_{\text{наиб}}$	$0,9 \cdot Q_{\text{наиб}}$
DN100 – DN200			$0,75 \cdot Q_{\text{наиб}}$
DN200 – DN300		$0,25 \cdot Q_{\text{наиб}}$	$0,5 \cdot Q_{\text{наиб}}$

$Q_{\text{наим}}$ – наименьший объемный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{наиб}}$ – наибольший объемный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Допускается смещать точки расхода $+10 \%$ в точке с номером 1, $\pm 10 \%$ в точках с номерами 2 и 3.

Относительную погрешность при измерении объемного расхода жидкости приравнивают к относительной погрешности при измерении объема жидкости в потоке.

10.3.2 Определение метрологических характеристик теплосчетчика при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом косвенных измерений (имитационным методом)

При имитационном методе допускается проводить работы как в лаборатории, так и по месту установки теплосчетчиков.

При проведении поверки имитационным методом проводят проверку исправности акустического канала по подпункту 10.3.2.1, проверку показаний теплосчетчика на нулевом расходе по подпункту 10.3.2.2, проверку срабатывания и проверку генерации выходных сигналов по подпункту 10.3.2.3.

10.3.2.1 Проверка исправности акустического тракта

При проверке исправности акустического тракта осуществляют сравнение значений скоростей звука по показаниям теплосчетчика (по каждому акустическому каналу) и значений скоростей звука, определенных в соответствии с формулой (4) для параметров измеряемой среды в трубопроводе.

При поверке осуществляют:

- перекрытие потока запорной арматурой до и после теплосчетчика (давление в гидравлическом тракте должно быть выше 760 мм рт.ст.);

- производят выдержку до стабилизации температуры жидкости в первичном преобразователе;

- устанавливают преобразователь температуры в термокарман, расположенный в гидравлическом тракте в непосредственной близости от теплосчетчика обеспечив заполнение зазоров между преобразователем и стенкой термокармана термопастой (перед установкой преобразователя температуры требуется извлечь установленный в термокарман штатный датчик температуры, а по завершении поверки установить его обратно);

- через 2 часа после установки преобразователя температуры записать значения температуры по его показаниям;

- зафиксировать индицированные значения скорости звука для каждого канала теплосчетчика.

10.3.2.2 Проверка показаний теплосчетчика на нулевом расходе

Проверку проводят при отсутствии потока рабочей жидкости в первичном преобразователе.

При проверке показаний теплосчетчика на нулевом расходе осуществляют: выдержку в течение времени не менее часа для установления температурного равновесия; при проверке измеряют значения расхода жидкости в меню диагностики и поверки теплосчетчика.

10.3.2.3 Проверка генерации выходных сигналов

При проверке частотно-импульсного выхода осуществляют сравнение измеренного значения импульсов частотомера с генерируемым теплосчетчиком значением импульсов. При этом необходимо: в окне диагностики и поверки теплосчетчика установить количество импульсов в диапазоне 1000-10000 импульсов и после нажатия кнопки «Выдать» модуль импульсного выхода выдает указанное значение импульсов. Настройка длительности импульса выполняется в меню «Настройка ввода/вывода». При проверке генерации выходных сигналов осуществляют генерацию следующих значений: 1000, 3000, 5000, 8000, 10000 импульсов. На каждом значении осуществляют не менее трех измерений.

10.4 Определение погрешности вычислителя теплосчетчика при вычислении количества теплоты

Относительная погрешность теплосчетчика при вычислении количества теплоты определяется по результату измерения теплосчетчика с действительным (расчетным) значением количества теплоты, в соответствии с таблицей 6.

Теплосчетчик устанавливают на эталон расхода, термопреобразователи сопротивления и эталоны температуры погружают в термостаты.

Таблица 6 – Значение расхода при разности температур в термостатах

№ точка	Разность температур в термостатах, °C		Значение расхода ²⁾ , м ³ /ч
	$t_{д1}, °C^{1)}$	$t_{д2}, °C^{1)}$	
1	8	5	$0,9 \cdot G_{\max}$
2	80	5	$0,1 \cdot G_{\max}$
3	150	3	$0,04 \cdot G_{\max}$

¹⁾ – допустимое отклонение от заданных значений температуры, не выходя за пределы диапазона измерений разности температур теплосчетчика, $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
²⁾ – для теплосчетчиков с номинальным диаметром от DN 300 включительно значение расхода и времени устанавливается (имитируется) в тепловычислителе согласно руководству по эксплуатации.

Расход и температура задается с точностью 5 %. При каждом значении расхода проводят не менее 3 измерений в каждой точке. При смене значения на теплосчетчике (не менее чем через 100 с) фиксируют показания.

Измерения проводятся после достижения стабильного состояния.

Параметры теплоносителя определяются в соответствии с «ГСССД 187-99. Вода. Удельный объем и энтальпия при температурах 0...1000 °C и давлениях 0,001...1000 МПа».

Допускается вычисление параметров в соответствии с «МИ 2412-97. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Водяные системы теплоснабжения. Уравнения измерений тепловой энергии и количества теплоносителя».

10.5 Определение относительной погрешности теплосчетчика при измерении количества теплоты

Определение относительной погрешности теплосчетчика, δ , %, при измерении количества теплоты проводят методом суммирования относительной погрешности измерений по пунктам 10.2, 10.3, 10.4 и 11.2, 11.3, 11.4.

10.6 Определение относительной погрешности теплосчетчика при измерении интервалов времени.

Относительную погрешность теплосчетчика при измерении интервалов времени определяют по результатам измерения одного и того же интервала времени теплосчетчиком и эталона времени.

Для определения погрешности теплосчетчиков при измерении интервала времени переводят теплосчетчик в режим индикации времени. В момент смены индицируемого значения времени считывают его показания T_1 и запускают эталон времени T_c .

При смене значения индицируемого времени (не менее чем через 2 часа) останавливают эталон времени и считывают показания времени T_2 с теплосчетчика.

10.7 Определение приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика

10.7.1 Определение приведенной погрешности канала преобразования давления

Данный пункт выполняется при наличии средств измерений давления с токовым выходным каналом.

Погрешность преобразования давления определяют для каждого канала, к которому подключается средство измерений давления, в трех точках: 0 МПа (4 мА), 0,5 Р_{наиб} (12 мА) и Р_{наиб} (20 мА). Производят не менее 5 измерений в каждой точке.

10.7.2 Определение приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика

Погрешность канала измерений давления теплосчетчика определяют с учетом погрешности канала преобразования давления и погрешности средства измерений давления с учетом его дополнительной погрешности.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение погрешности теплосчетчика при измерении температуры

Абсолютную погрешность для каждого термопреобразователя сопротивления теплосчетчика, $\delta_{T_{ji}}$, °С, вычисляют по формуле:

$$\delta_{T_{ji}} = T_{ji} - T_{эт_{ji}}, \quad (1)$$

где T_{ji} – температура, измеренная теплосчетчиком, °С;

$T_{эт_{ji}}$ – температура по показаниям эталона температуры, °С.

Результат считают положительным, если пределы допускаемой абсолютной погрешности теплосчетчика при измерении температуры не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если пределы допускаемой абсолютной погрешности теплосчетчика при измерении температуры превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2 Определение погрешности теплосчетчика при измерении разности температур

Относительную погрешность измерения разности температур, $\delta_{\Delta t_i}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{\Delta t_i} = \left(\frac{\Delta t_{изм_i} - \Delta t_{эт_i}}{\Delta t_{эт_i}} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

где $\Delta t_{изм_i}$ – значение разности температур по показаниям теплосчетчика °С;

$\Delta t_{эт_i}$ – значение разности температур по показаниям эталона температуры °С.

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности теплосчетчика при измерении разности температур не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности теплосчетчика при измерении разности температур превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.3 Определение погрешности при измерении объемного расхода жидкости и объема жидкости в потоке

11.3.1 Определение погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости непосредственным сличением

Относительную погрешность при измерении объема жидкости в потоке, δ_{V_i} , %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{V_i} = \left(\frac{V_{\text{изм}_i} - V_{\text{эт}_i}}{V_{\text{эт}_i}} \right) \cdot 100, \quad (3)$$

где $V_{\text{изм}_i}$ – объем жидкости в потоке по показаниям теплосчетчика, дм^3 ;
 $V_{\text{эт}_i}$ – объем жидкости в потоке по показаниям эталона расхода, дм^3 .

Относительную погрешность при измерении объемного расхода жидкости приравнивают к относительной погрешности при измерении объема жидкости в потоке.

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности теплосчетчика при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности теплосчетчика при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.3.2 Определение метрологических характеристик теплосчетчика при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости методом косвенных измерений (имитационным методом)

11.3.2.1 Проверка исправности акустического тракта

Значение скорости звука определяется в соответствии с формулой (4) (соответствует документу ГСССД 190-2000 «Таблицы стандартных справочных данных. Вода. Скорость звука при температурах 0...100 градусов Цельсия и давлениях 0,101325...100 МПа») для параметров (температура, избыточное давление) измеряемой среды в трубопроводе.

$$v = \sum_{i=0}^5 a_{i0} \cdot \tau^i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot \tau^i \cdot \pi^j, \quad (4)$$

где a_{ij} – коэффициент при члене уравнения, содержащем τ^i и π^j , определенный в соответствии с таблицей 7;

τ – значение, равное $t/100$, где t – температура измеряемой среды, $^{\circ}\text{C}$;

π – избыточное давление измеряемой среды, МПа (определяется по показаниям средства измерений давления, расположенного в непосредственной близости от теплосчетчика);

v – скорость распространения звука в воде, м/с.

Таблица 7 – Числовые значения коэффициентов a_{ij}

i^*	$j^{**}=0$	$j=1$	$j=2$	$j=3$
0	1402,3874	149,94347	39,695230	-15,235495
1	503,83617	81,039755	-200,48177	66,311236
2	-581,17292	-111,69791	328,56051	-105,55834
3	334,63882	172,922898	-334,0451345	105,03105
4	-148,25967	-76,999585	137,256278	-45,780857
5	31,658502	-	-	-

* степень τ в уравнении

** степень π в уравнении

По формуле (5) определяют относительное отклонение измеренного значения скорости звука теплосчетчиком от определенного в соответствии с формулой (4), %

$$\delta_i = \frac{v_p - v}{v} \cdot 100, \quad (5)$$

где v_p – значение скорости звука по показаниям теплосчетчика, м/с;
 v – значение скорости звука, определенные по формуле (4) или в соответствии с документом ГСССД 190-2000, м/с;
 i – порядковый номер акустического канала теплосчетчика.

Результаты проверки исправности акустического тракта считают положительными, если относительное отклонение измеренных значений скорости звука от значений скорости звука, определенных по формуле (5), не превышают $\pm 1\%$. Результаты проверки исправности акустического тракта считают отрицательными, если относительное отклонение измеренных значений скорости звука от значений скорости звука, определенных по формуле (5), превышают $\pm 1\%$. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.3.2.2 Проверка показаний теплосчетчика на нулевом расходе

Результаты проверки считают положительными, если значения объемного расхода по каждому акустическому каналу не превышают значения, соответствующего наименьшей рабочей скорости теплосчетчика. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.3.2.3 Проверка генерации выходных сигналов

Относительная погрешность генерации импульсных сигналов на имитируемых значениях, %, определяют по формуле:

$$\delta_{ni} = \frac{N_{Mi} - N_{Si}}{N_{Si}} \cdot 100, \quad (6)$$

где N_M – измеренное значение числа импульсов;
 N_S – сгенерированное значение числа импульсов;
 i – порядковый номер точки выходного тока.

Результаты определения относительной погрешности считаются положительными, если результаты определения относительной погрешности генерации импульсных сигналов на имитируемых значениях не превышают $\pm 0,05\%$.

Результаты определения относительной погрешности считают отрицательными, если результаты определения относительной погрешности генерации импульсных сигналов превышают указанные значения. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.4 Определение погрешности вычислителя теплосчетчика при вычислении количества теплоты

Измеренное значение количества теплоты теплосчетчика $W_{изм_i}$, ГДж, рассчитывается по разности начального и конечного показаний теплосчетчика:

$$W_{изм_i} = W_{кон_i} - W_{нач_i}, \quad (7)$$

где $W_{изм_i}$ – измеренное количества теплоты в i -той поверочной точке, ГДж;
 $W_{нач_i}$ – начальное значение показаний теплосчетчика в i -той поверочной точке, ГДж;
 $W_{кон_i}$ – конечное значение показаний теплосчетчика в i -той поверочной точке, ГДж.

Действительное (расчетное) значение количества теплоты для тех же значений параметров теплоносителя определяется по формуле:

$$W_{\text{ЭТ}_i} = V_{\text{изм}_i} \cdot \rho_i \cdot (h_{1_i} - h_{2_i}), \quad (8)$$

где $W_{\text{ЭТ}_i}$ – действительное значение количества теплоты в i -той поверочной точке, Дж;
 $V_{\text{изм}_i}$ – объем жидкости в потоке измеренный теплосчетчиком в i -той поверочной точке, дм^3 ;
 ρ_i – плотность теплоносителя в i -той точке (при температуре на термопреобразователе сопротивления теплосчетчика и давлении на преобразователе теплосчетчика в подающем канале или обратном канале (зависит от места установки теплосчетчика)), $\text{кг}/\text{м}^3$;

h_{1_i}, h_{2_i} – энтальпия теплоносителя в подающем и обратном каналах соответственно, определяемая по значениям температуры на термопреобразователях сопротивления теплосчетчика и давлении на преобразователе теплосчетчика в подающем канале в i -той точке, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Относительная погрешность теплосчетчика при вычислении количества теплоты, δ_{W_i} , %, рассчитывается по формуле:

$$\delta_{W_i} = \left(\frac{W_{\text{изм}_i} - W_{\text{ЭТ}_i}}{W_{\text{ЭТ}_i}} \right) \cdot 100, \quad (9)$$

где δ_{W_i} – относительная погрешность теплосчетчика при вычислении количества теплоты в i -той поверочной точке, %;
 $W_{\text{изм}_i}$ – вычисленное теплосчетчиком значение количества теплоты в i -той поверочной точке, ГДж;
 $W_{\text{ЭТ}_i}$ – действительное значение количества теплоты в i -той поверочной точке, ГДж.

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности вычислителя теплосчетчика при вычислении количества теплоты не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности вычислителя теплосчетчика при вычислении количества теплоты превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по проверке прекращают.

11.5 Определение относительной погрешности теплосчетчика при измерении количества теплоты

Относительная погрешность теплосчетчика при измерении количества теплоты, δ , %, рассчитывается по формуле:

$$\delta = \delta_V + \delta_{\Delta} + \delta_W, \quad (10)$$

где δ_V – наибольшая относительная погрешность при измерении объемного расхода жидкости и объема жидкости в потоке по п.11.3, %;
 δ_{Δ} – наибольшая относительная погрешность при измерении разности температур по п.11.2, %;

δ_w – наибольшая относительная погрешность вычислителя теплосчетчика при вычислении количества теплоты по п.11.4, %.

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности теплосчетчика при измерении количества теплоты не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности при измерении количества теплоты превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.6 Определение относительной погрешности теплосчетчика при измерении интервалов времени

Относительную погрешность теплосчетчика при измерении интервала времени, δ_T , %, определяют по формуле:

$$\delta_T = \frac{(T_2 - T_1) - T_c}{T_c} \cdot 100. \quad (11)$$

где T_1 – время по показаниям теплосчетчика в момент смены индицируемого значения времени, с;

T_2 – время по показаниям теплосчетчика при смене значения индуцируемого времени, с;

T_c – время по показаниям эталона времени, с.

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности теплосчетчика при измерении интервалов времени не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности при измерении интервалов времени превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.7 Определение приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика

11.7.1 Определение приведенной погрешности канала преобразования давления

Данный пункт выполняется при наличии средств измерений давления с токовым выходным каналом.

Приведенную погрешность канала преобразования давления $\gamma P_{\text{пи}}$, %, определяют по формуле

$$\gamma P_{\text{пи}} = \frac{P_{\text{и}} - P_{\text{з}}}{P_{\text{наиб}}} \cdot 100, \quad (12)$$

где $P_{\text{и}}$ – избыточное давление по показаниям теплосчетчика, МПа;

$P_{\text{з}}$ – заданное значение давления в точке, МПа;

$P_{\text{наиб}}$ – наибольшее рабочее давление, МПа.

Примечание – при нормировании у датчика давления погрешности, приведенной к диапазону измерений (вместо верхнего значения диапазона измерений), при расчете приведенной погрешности канала преобразования давления $\gamma P_{\text{пи}}$ – в качестве $P_{\text{наиб}}$ берут значение диапазона измерений давления.

11.7.2 Определение приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика

Приведенную погрешность канала измерений давления теплосчетчика, γ_P , %, определяют по формуле

$$\gamma_P = \sqrt{\gamma_{\text{пи}_{\text{наиб}}}^2 + \gamma_{\text{дд}}^2}, \quad (13)$$

где $\gamma_{\text{дд}}$ – приведенная погрешность средства измерений давления с учетом дополнительной погрешности (погрешности суммируются, как суммы квадратов под корнем квадратным), МПа;

$\gamma_{\text{пи}_{\text{наиб}}}$ – наибольшее значение приведенной погрешности канала преобразования давления, определенной по п. 4.4.7.1

Примечание – при применении средства измерений с цифровым выходным каналом приведенную погрешность канала измерений давления теплосчетчика приравнивают к погрешности средства измерений давления.

11.7.3 Результат считают положительным, если значения приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика при измерении количества теплоты не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения приведенной погрешности канала измерений давления теплосчетчика превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по испытаниям прекращают.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений и вычислений вносят в протокол поверки произвольной формы.

Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению заказчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие теплосчетчика обязательным требованиям к средствам измерений в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его наличии), а также на пломбировочный пластилин, с помощью которого пломбируют винты на корпусе ТВ и крышке ПП.

12.3 При отрицательных результатах поверки теплосчетчик к применению не допускают, по заявлению заказчика выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.