

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТРОЛОГИИ**

Государственная система обеспечения единства измерений

**ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ И РАСХОДОМЕРЫ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ В УЗЛАХ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛОТЫ****Методика подбора пар термопреобразователей и согласование расходомеров  
по метрологическим характеристикам.****Общие положения**ОКС 17.120  
17.200.20  
ОКСТУ 0008*Дата введения 2003-07-01***Предисловие**

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») Госстандарта России

ВНЕСЕНЫ Управлением метрологии Госстандарта России

2 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 19 декабря 2002 г. № 493-ст

3 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

**1 Область применения**

Настоящие рекомендации распространяются на термопреобразователи сопротивления и электромагнитные расходомеры, входящие в состав теплосчетчиков.

Настоящие рекомендации применяют при коммерческом учете количества теплоты и теплоносителя с целью повышения точности измерений.

Рекомендации предназначены для разработчиков теплосчетчиков при подборе пар термопреобразователей, при согласовании преобразователей расхода (расходомеров) или при выполнении этих двух операций.

Межповерочный интервал для подобранных пар термопреобразователей и согласованных пар преобразователей расхода (расходомеров, водосчетчиков) устанавливает разработчик при проведении испытаний теплосчетчиков.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящих рекомендациях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.320—78 Государственная система обеспечения единства измерений. Расходомеры электромагнитные. Методы и средства поверки

ГОСТ 8.461—82 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления. Методы и средства поверки

ГОСТ 6651—94 Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 15528—86 Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения

ГОСТ 26691—85 Теплоэнергетика. Термины и определения

ГОСТ 28723—90 Расходомеры скоростные, электромагнитные и вихревые. Общие технические требования и методы испытаний

МИ 2553—99 Государственная система обеспечения единства измерений. Энергия тепловая и теплоноситель в системах теплоснабжения. Методика оценивания погрешности измерений. Общие положения

### 3 Определения

В настоящих рекомендациях применяются следующие термины с соответствующими определениями:

**теплосчетчик:** Система средств измерений и технических средств, обеспечивающая измерение параметров теплоносителя, его массы (объема) и количества теплоты;

**тепловычислитель:** Техническое средство, обеспечивающее определение количества теплоты и параметров теплоносителя на основе измерительной информации о расходе (массе, объеме), температуре и давлении теплоносителя;

**преобразователь расхода:** Средство измерений расхода жидкости, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (ГОСТ 15528);

**термопреобразователь сопротивления:** Средство измерений, электрическое сопротивление которого зависит от температуры (ГОСТ 6651);

**узел учета:** Функционально объединенная совокупность средств измерений, технических средств и дополнительных устройств, обеспечивающая измерение (регистрацию) параметров теплоносителя, его массы (объема) и количества теплоты;

**закрытая система теплоснабжения:** Водяная система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только как теплоноситель и из сети не отбирается (ГОСТ 26691);

**открытая система теплоснабжения:** Водяная система теплоснабжения, в которой теплоноситель частично или полностью отбирается из сети потребителями (ГОСТ 26691);

**приборы учета:** Измерительные приборы, обеспечивающие измерение расхода (массы, объема), температуры и давления теплоносителя, а также накопление, хранение и представление информации о количестве теплоты и массы (объема) теплоносителя;

**подобранная пара термопреобразователей сопротивления:** пара термопреобразователей сопротивления, обеспечивающая минимальную систематическую погрешность измерений разности температур;

**согласованная пара электромагнитных преобразователей расхода (расходомеров, водосчетчиков):** пара электромагнитных преобразователей расхода (расходомеров, водосчетчиков), обеспечивающая минимальную систематическую погрешность при измерении разности расходов (массы, объема) (ГОСТ 8.320).

### 4 Общие положения

4.1 Количество теплоты и теплоносителя измеряют теплосчетчиком, в состав которого входят преобразователи расхода или расходомеры (водосчетчики), термопреобразователи сопротивления (ТС) и тепловычислитель.

4.2 Учитывая, что при измерении количества теплоты выполняют однократные измерения, погрешность измерений определяется погрешностью средств измерений (СИ), входящих в теплосчетчик, а также зависит от параметров теплоносителя и их соотношений.

4.3 В соответствии с МИ 2553 относительную погрешность измерения количества теплоты  $\delta$  оценивают по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 - \alpha\beta} (\delta_{M_1} + \delta_{h_1} - \alpha\beta \cdot \delta_{M_2} - \alpha\beta \cdot \delta_{h_2}) = \frac{\delta_{M_1} - \alpha\beta \cdot \delta_{M_2}}{1 - \alpha\beta} + \frac{\delta_{h_1} - \alpha\beta \cdot \delta_{h_2}}{1 - \alpha\beta}, \quad (1)$$

где  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  — масса и энтальпия теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно;

$\delta_{M_1}, \delta_{M_2}, \delta_{h_1}, \delta_{h_2}$  — относительная погрешность измерения массы и энтальпии теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно;

$\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты, рассчитываемые по формулам:  $\alpha = \frac{M_1}{M_2}$ ;  $\beta = \frac{h_1}{h_2}$ .

4.4 С целью уменьшения погрешности измерений количества теплоты используют рабочие СИ с минимально возможной погрешностью. Как видно из формулы (1) существенную составляющую этой погрешности составляет погрешность, возникающая при измерении разности энтальпий ( $h_1 - h_2$ ) и разности масс ( $M_1 - M_2$ ) теплоносителя. Погрешность измерений количества теплоты выражается в относительной форме, поэтому при измерении малых разностей энтальпий или разности расхода теплоносителя возникают значительные относительные погрешности, увеличивающие погрешность измерений количества теплоты.

Примечание — В уравнениях измерений количества теплоты используют энтальпию, которая функционально зависит от температуры, плотности и давления теплоносителя. Погрешности измерений давления и плотности пренебрежимо малы по сравнению с погрешностью измерений температуры, поэтому погрешность измерений энтальпии можно считать практически равной погрешности измерений температуры.

4.5 В узлах учета для открытых систем теплоснабжения с целью уменьшения погрешности измерений количества теплоты и теплоносителя подбирают ТС и согласовывают преобразователи расхода (расходомеры, водосчетчики) по метрологическим характеристикам так, чтобы при измерении разности расхода или температур уменьшить погрешность их измерений.

4.6 В настоящих рекомендациях рассмотрена методика подбора ТС и согласования электромагнитных расходомеров, которые имеют линейную градуировочную характеристику. В случае линейной градуировочной характеристики вихревых и ультразвуковых преобразователей расхода (расходомеров, водосчетчиков) также возможно их попарное согласование.

4.7 Подбор ТС и согласование преобразователей расхода выполняют после проведения поверки этих СИ на основании экспериментальных данных, полученных при поверке по программе, разработанной в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». В программе предусмотрен подбор пар ТС в диапазоне температур от 0 °С до 100 °С при разности температур в подающем и обратном трубопроводе от 3 °С до 50 °С.

## 5 Методика подбора пар термопреобразователей сопротивления по метрологическим характеристикам

5.1 В теплосчетчиках применяют внесенные в Госреестр СИ платиновые термопреобразователи и ТС, соответствующие техническим требованиям ГОСТ 6651.

5.2 Измерение температуры теплоносителя выполняют с помощью ТС и тепловычислителей, входящих в состав теплосчетчика. Температуру теплоносителя определяют по номинальной статической характеристике, имеющей вид:

$$R_t = W_t R_0, \quad (2)$$

где  $R_t$  — сопротивление ТС при температуре  $t$  °С;

$W_t$  — отношение сопротивлений при температуре  $t$  к сопротивлению при температуре 0 °С;

$R_0$  — сопротивление ТС при температуре 0 °С.

5.3 В соответствии с ГОСТ 6651 ТС изготавливают трех классов допуска: А, В и С.

В теплосчетчиках в качестве индивидуальных ТС используют наиболее точные — классов допуска А и В.

5.4 Отклонение индивидуальной статической характеристики ТС от номинальной приводит к появлению систематической погрешности  $\Delta_t$ , которую в зависимости от температуры  $t$  и классов допуска А и В вычисляют по формулам соответственно:

$$\Delta_t = \pm(0,15 + 0,002 t); \quad (3)$$

$$\Delta_t = \pm(0,3 + 0,005 t). \quad (4)$$

5.5 При измерении парой ТС разности температур возникает значительная относительная погрешность. С целью уменьшения этой погрешности необходимо подобрать пару ТС так,

чтобы оцениваемая погрешность измерения разности температур в подающем и обратном трубопроводах не превышала для пары класса 1 —  $\pm(0,05 + 0,001 \Delta t)$ , для пары класса 2 —  $\pm(0,10 + 0,002 \Delta t)$ .

5.6 Подбор пар ТС выполняют по разработанной программе для тех ТС, которые прошли поверку. Аппаратура и экспериментальные действия поверителя должны соответствовать требованиям ГОСТ 6651 и ГОСТ 8.461. Подбор пар ТС основан на построении индивидуальной статической характеристики для каждого ТС.

5.7 Исходными данными для программы являются:

- показания эталонного и поверяемых термометров при температуре, равной нулю:  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- отсчеты  $U_{100}$  и  $U_0$  (в милливольтмах при измерительном токе в миллиамперах (мА) или значения сопротивления эталонного и поверяемых термометров при температуре кипения воды:  $t_{100}$ );

- значение коэффициента  $B$  для ТС по ГОСТ 6651 (где  $B$  — коэффициент интерполяционного уравнения для платиновых ТС с  $W_{100} = 1,3910$  и  $W_{100} = 1,3850$ ).

В результате использования программы получают:

- значения коэффициента  $A$  для индивидуальной статической характеристики ТС (где  $A$  — коэффициент индивидуальной статической характеристики ТС);

- отношение сопротивлений при температуре  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  к сопротивлению при температуре  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  —  $W_{100}$ ;

- индивидуальные статические характеристики для каждого ТС;

- класс ТС;

- значения коэффициентов  $a$  и  $b$  для формулы, по которой оценивают погрешность измерений температуры ТС:  $\Delta_t = a + bt$  (где  $a$  и  $b$  — коэффициенты уравнения, позволяющего оценить погрешности ТС);

- перечень подобранных пар ТС с их индивидуальными номерами.

5.8 Проверку подобранных пар ТС и принятия решения об их классе выполняют также с помощью программы при оценивании абсолютной (относительной) погрешности измерений разности температур  $\Delta t$ , равной 5, 10, 20, 40  $^\circ\text{C}$  при температуре теплоносителя в обратном трубопроводе  $t_2$ , равной 50  $^\circ\text{C}$ . Для этого с помощью программы устанавливают:

не превышает ли эта погрешность абсолютную  $\Delta_{\Delta t}$  (относительную  $\delta_{\Delta t}$ ) погрешность, оцениваемую по формуле

$$\Delta_{\Delta t} = \pm(0,05 + 0,001 \Delta t) \text{ }^\circ\text{C} \quad [\delta_{\Delta t} = \pm(0,1 + 5 / \Delta t)] \quad (5)$$

для подобранной пары класса 1;

не превышает ли эта погрешность абсолютную  $\Delta_{\Delta t}$  (относительную  $\delta_{\Delta t}$ ) погрешность, оцениваемую по формуле

$$\Delta_{\Delta t} = \pm(0,10 + 0,002 \Delta t) \text{ }^\circ\text{C} \quad [\delta_{\Delta t} = \pm(0,2 + 10 / \Delta t)] \quad (6)$$

для подобранной пары класса 2.

5.9 Подбранная пара ТС с ее метрологическими характеристиками и индивидуальными номерами вводится в базу данных программы для использования информации при периодической поверке этой пары.

5.10 В протоколе подбора пары ТС указывают: номер свидетельства о поверке каждого ТС; класс пары ТС; коэффициенты  $a$  и  $b$  для оценивания погрешности измерений каждым ТС; индивидуальный номер пары ТС с указанием места его установки (в подающий трубопровод или обратный).

## **6 Методика согласования пар электромагнитных преобразователей расхода (расходомеров, водосчетчиков) по метрологическим характеристикам**

6.1 В теплосчетчиках наряду с другими преобразователями расхода (расходомерами, водосчетчиками) применяют электромагнитные расходомеры (ЭМР), соответствующие ГОСТ 28723 и внесенные в Госреестр СИ.

6.2 При измерении малых разностей расходов теплоносителя относительная погрешность  $\delta$  может быть значительна, что увеличит погрешность измерений количества теплоты [см. формулу (1)].

6.3 С целью уменьшения погрешности измерений разности расхода теплоносителя

целесообразно согласовать ЭМР по метрологическим характеристикам.

6.4 Для согласования ЭМР используют эталонные СИ и ЭМР, прошедшие поверку.

6.4.1 При согласовании пары ЭМР действительное значение относительной погрешности измерения расхода каждого из ЭМР должно быть определено с указанием десятичных долей процента.

6.4.2 При использовании выходного сигнала ЭМР в виде частоты электрических импульсов их измерения выполняют в течение 100 с.

6.4.3 При использовании выходных сигналов в виде постоянного тока или частоты электрических импульсов ошибка округления не должна превышать 0,1 % от значения выходного сигнала.

6.5 По результатам поверки ЭМР в программу согласования пары ЭМР вводят: диапазон расходов, значения выходных сигналов и погрешностей в поверяемых точках диапазона.

6.6 Подбор пары ЭМР осуществляют с помощью программы по данным поверки ЭМР на тех значениях расходов, которые указаны в методике поверки.

6.7 Погрешность измерения разности расходов подобранной парой ЭМР — в пределах  $\pm 0,5\%$ .

6.8 Подобранную пару ЭМР с ее индивидуальными номерами вводят в базу данных программы для использования информации при периодической поверке этой пары ЭМР.

6.9 В протоколе подбора пары ЭМР указывают: номер свидетельства о поверке каждого ЭМР; индивидуальный номер пары ЭМР с указанием места его установки (в подающий трубопровод или обратный).

Ключевые слова: теплосчетчик, термопреобразователь, преобразователь расхода, подбор пар, согласование пар, метрологическая характеристика, погрешность теплосчетчика, открытые системы теплоснабжения, закрытые системы теплоснабжения, узел учета количества теплоты