ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

(ФГУП "ВНИИМС")

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ФГУП "ВНИИМС"

_____В.Н. Яншин

"22" марта 2007 г.

Рекомендация

Государственная система обеспечения единства измерений.
Энергия тепловая и масса воды, получаемые потребителями.
Методика выполнения измерений с помощью теплосчетчиков ИКТ 9961-П1
Основные требования

МИ 3046-2007

Москва 2007 г.

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 Разработана:

Федеральным Государственным Унитарным предприятием Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ФГУП "ВНИИМС").

Исполнители: Лисенков А.И., канд. техн. наук (руководитель темы).

2 Утверждена: ФГУП "ВНИИМС" 22.03.2007 г.

3 Зарегистрирована: ФГУП "ВНИИМС" 02.04.2007 г.

4 Введена впервые

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ФГУП "ВНИИМС" и ООО "Интер Инвест Прибор"

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ 1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 1
3 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 2
4 ИЗМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ПРЕДЕЛЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИХ ИЗМЕРЕНИЙ 3
5 МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И МАССЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 4
6 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ МОНТАЖУ 5
7 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ 5
8 ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ 6
9 ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ 7

Группа Т80

Рекомендация Государственная система обеспечения единства измерений. Энергия тепловая и масса теплоносителя в системах теплоснабжения. Методика выполнения измерений с помощью теплосчетчиков ИКТ 9961-П1. Основные требования	МИ 3046-2007

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая рекомендация устанавливает методику измерений тепловой энергии и массы теплоносителя в водяных и паровых системах теплоснабжения с помощью теплосчетчиков ИКТ 9961-П1 (далее - теплосчетчики).

Рекомендация разработана в соответствии с МИ 2714 и определяет основные требования к методике и условиям выполнения измерений, а также оценке погрешностей измерений.

Рекомендацию допускается использовать совместно с технической документацией на конкретные узлы учета, содержащие требования, при этом должно обеспечиваться выполнение измерений в соответствии с ГОСТ Р 8.563.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- ГОСТ Р 51649-2000 "Теплосчетчики для водяных систем теплоснабжения. Общие технические условия";
- ГОСТ Р 8.591-2002 "ГСИ. Теплосчетчики двухканальные для водяных систем теплоснабжения. Нормирование пределов допускаемой погрешности при измерениях потребляемой абонентами тепловой энергии;
- ГССД 188-99 "Вода. Удельный объем и энтальпия при температурах 0 ... 1000 ^{0}С и давлениях 0,001 ... 1000 МПа";
- ГОСТ Р 8.563-96 "ГСИ. Методики выполнения измерений";
- МИ 2412-97 "ГСИ. Водяные системы теплоснабжения. Уравнения измерения тепловой энергии и количества теплоносителя";
- МИ 2451-98 "ГСИ. Паровые системы теплоснабжения. Уравнения измерений тепловой энергии и количества теплоносителя";
- МИ 2553-99 "ГСИ. Энергия тепловая и теплоноситель в системах теплоснабжения. Методика оценивания погрешности измерений. Основные положения";

- МИ 2714-2002 "ГСИ. Энергия тепловая и масса теплоносителя в системах теплоснабжения. Методика выполнения измерений. Основные положения".

3 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

3.1 В настоящей рекомендации приняты условные обозначения основных величин и их единицы измерений, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Величина	Условное обозначение	Единица измерений
Температура воды в подающем трубопроводе	t_1	^{0}C
Температура воды в обратном трубопроводе	t_2	^{0}C
Температура воды в трубопроводе ГВС	t_3	^{0}C
Температура холодной воды	$t_{хв}$	^{0}C
Давление воды в подающем трубопроводе	P_1	МПа
Давление воды в обратном трубопроводе	P_2	МПа
Давление воды в трубопроводе ГВС	P_3	МПа
Массовый расход воды в подающем трубопроводе	G_1	т/ч
Массовый расход воды в обратном трубопроводе	G_2	т/ч
Объемный расход воды в трубопроводе	q	м^3/ч
Тепловая энергия	Q	ГДж
Масса воды	m	т
Энтальпия воды в подающем трубопроводе	h_1	кДж/кг
Энтальпия воды в обратном трубопроводе	h_2	кДж/кг
Энтальпия воды в трубопроводе ГВС	h_3	кДж/кг
Энтальпия холодной воды	$h_{хв}$	кДж/кг
Плотность воды в подающем трубопроводе	ρ_1	кг/м^3
Плотность воды в обратном трубопроводе	ρ_2	кг/м^3
Плотность воды в трубопроводе ГВС	ρ_3	кг/м^3
Интервал времени измерений (начало, окончание)	τ (τ_o – начало, τ_1 – окончание)	ч

Примечание – В настоящей рекомендации принята энтальпия по ГСССД 188-99, приведенная на 1 кг массы теплоносителя; в некоторых документах, используемых в рекомендации, эта величина называется удельной энтальпией.

4 ИЗМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ПРЕДЕЛЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИХ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1 Диапазоны измеряемых величин, соответствующие техническим условиям на теплосчетчики ТУ 4218-045-23041473-2004, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Диапазоны измерений

Измеряемая величина	Диапазон измерений
избыточное давление воды (пара), МПа	0-1,6 (0-10)
температура воды (пара), ^{0}C	0-150 (0-400)
разность температур воды, ^{0}C	3-145
объемный (м^3/ч) и массовый (т/ч) расход	0-100000
объем, м^3	0-999999999
масса, т	0-999999999
тепловая энергия (Гкал, ГДж, MWh)	0-999999999
время, ч	0-999999999

4.1 Конкретные диапазоны измерений конкретных узлов учета должны лежать внутри указанных в таблице 4.1 диапазонов измерений.

4.2 Пределы погрешности измеряемых величин, соответствующие правилам учета тепловой энергии и теплоносителя, приведены ниже:

4.2.1 Пределы относительной погрешности измерений тепловой энергии, %, при разности температур воды (Δt) в подающем и обратном трубопроводах:

$\Delta t > 20\ ^0$C ± 4

$10\ ^0\text{C} \le \Delta t \le 20\ ^0$C ± 5

4.2.2 Пределы относительной погрешности измерений тепловой энергии в паровой системе, %, при расходе пара:

от 10 % до 30 % ± 5

от 30 % до 100 % ± 4

4.2. Пределы относительной погрешности измерений массы воды, %, при расходе от 4 % до 100 % ± 2

4.2.4 Пределы относительной погрешности измерений массы пара, %, при расходе от 10 % до 100 % ± 3

4.2.5 Пределы абсолютной погрешности измерений температуры (Δt), ^{0}C $\pm(0{,}6+0{,}004\cdot|t|)$

где t - температура теплоносителя, ^{0}C.

4.2.6 Пределы относительной погрешности измерений давления, % ± 2

4.2.7 Пределы относительной погрешности измерений текущего времени, % $\pm 0{,}1$

4.3 Конкретные диапазоны измерений и пределы погрешностей измерений указывают в технической документации на узлы учета.

5 МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И МАССЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

5.1 Тепловую энергию и массу теплоносителя измеряют теплосчетчики в автоматическом режиме в соответствии с уравнениями измерений, приведенными в настоящем разделе, соответствующими МИ 2412, МИ 2451, МИ 2714.

5.2 Уравнение измерений тепловой энергии Q, получаемой потребителем в отопительный период по тепловводу открытой водяной системы теплоснабжения, имеет следующий вид:

$$Q = 10^{-3}\left[\int_{\tau_0}^{\tau_1} G_1(h_1 - h_{хв})d\tau - \int_{\tau_0}^{\tau_1} G_2(h_2 - h_{хв})d\tau\right]. \qquad (5.1)$$

Допускается реализация уравнения в виде, приведенном в ГОСТ Р 8.591.

5.3 Уравнение измерений тепловой энергии Q, получаемой потребителем в закрытой водяной системе теплоснабжения, соответственно, при измерении массового расхода в подающем или обратном трубопроводах, имеет следующий вид:

$$Q = 10^{-3}\int_{\tau_0}^{\tau_1} G_1(h_1 - h_{хв})d\tau \quad \text{или} \quad Q = 10^{-3}\int_{\tau_0}^{\tau_1} G_2(h_2 - h_{хв})d\tau, \qquad (5.2)$$

5.4 Уравнение измерений массы воды, прошедшей по подающему, обратному трубопроводам и трубопроводу ГВС, при измерении массового расхода, имеет вид:

$$M = \int_{\tau_0}^{\tau_1} G d\tau, \qquad (5.3)$$

при измерении объемного расхода $M = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \rho \cdot q d\tau$, (5.4)

где G и q, ρ – массовые и объемные расходы, плотность в подающем, обратном трубопроводах и трубопроводе ГВС.

5.5 Конкретные уравнения, реализованные в измерительном комплексе ИКТ-9961-П1, приведены в ТУ 4218-045-23041473-2004 и РЭ РАЖГ 421431.009РЭ.

6 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ МОНТАЖУ

6.1 В качестве средства измерений используют теплосчетчики ИКТ 9961-П1, соответствующие ГОСТ Р 51649, госреестр № 28388.

В состав теплосчетчика входят:

- тепловычислитель СПТ 961, госреестр № 17029;
- расходомеры счетчики РС-СПА-М, госреестр № 23364;
- комплекты термометров (термопреобразователей) платиновых технических разностных КТПТР-01, госреестр № 14638 или комплекты термометров платиновых технических разностных КТПТР-05, госреестр № 17466;
- термометры платиновые технические ТПТ-15, госреестр № 17466 или термометры (термопреобразователи) платиновые технические ТПТ-1, госреестр № 14640-05;
- датчики давления МИДА-13П, госреестр № 17636.

В теплосчетчиках должна быть реализована передача информационного сигнала от расходомера-счетчика РС-СПА-М в тепловычислитель СПТ961 в виде электрических импульсов или постоянного тока.

Монтаж средств измерений, входящих в состав теплосчетчика, производится в соответствии с проектной документацией на узлы учета и указаниями, содержащимися в эксплуатационной документации на теплосчетчик и его составные части.

7 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Условия проведения измерений в узлах учета должны соответствовать требованиям, указанным в технической документации на средства измерений, входящие в состав теплосчетчика, и сам теплосчетчик.

7.2 Климатические, механические, электромагнитные условия эксплуатации средств измерений должны соответствовать условиям применения этих средств измерений.

7.3. Электрическое питание средств измерений должно соответствовать требованиям, установленным в технической документации на применяемые средства измерений.

7.4 На теплосчетчик и на входящие в него средства измерений должны быть непросроченные свидетельства поверки.

7.5 При измерениях должны соблюдаться правила техники безопасности, указанные в технической документации на применяемые средства измерений и проектной документации на узлы учета.

8 ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ

8.1 Перед измерениями проверяют на соответствие требованиям технической документации на применяемые средства измерений и проектной документации на узлы учета :

- соединения трубопроводов и запорную арматуру (проверку проводят один раз перед пуском системы в эксплуатацию);
- монтаж соединительных и заборных трубок (эту проверку проводят один раз перед пуском системы в эксплуатацию);
- монтаж средств измерений (эту проверку проводят каждый раз перед пуском системы в эксплуатацию);
- условия проведения измерений (эту проверку проводят не реже одного раза в год).

Кроме того, проверяют: герметичность всех узлов соединений, в которых находится теплоноситель (эту проверку проводят ежемесячно); надежность контактов электрических соединений (эту проверку проводят ежегодно); наличие непросроченных свидетельств на средства измерений (эту проверку проводят, исходя из межповерочных интервалов).

Допускается по договоренности между заинтересованными сторонами проверки проводить чаще, чем это указано в настоящем пункте.

8.2. Проверяют наличие пломб, свидетельств о поверке, а также соответствие номеров средств измерений паспорту на теплосчетчики.

8.3. Осуществляют все подготовительные операции в соответствии с технической документацией на применяемые средства.

8.4. Пломбируют места подключения соединительных кабелей. Проводят необходимые операции по защите от несанкционированного доступа к местам, указанным в технической документации на применяемые средства измерений.

8.5 После проведения процедур по п.п. 8.1, 8.4 средства измерений приводят в рабочее состояние и проводят измерения тепловой энергии и количества теплоносителя.

9 ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Оценивание погрешностей измерений тепловой энергии и массы теплоносителя осуществляют по МИ 2553 с учетом ГОСТ Р 8.596 при доверительной вероятности, равной 0,95. По согласованию заинтересованных сторон может быть установлено иное значение доверительной вероятности.

9.2 Оценивание погрешностей измерения массы теплоносителя и полученной тепловой энергии проводится при условии, что режимы работы (массовые расходы, температуры и давления) систем теплоснабжения не изменяются существенно за время проведения измерений. При этом можно считать, что, например, погрешность измерения массы равна погрешности измерения массового расхода, а погрешность измерения тепловой мощности равна погрешности измерения тепловой энергии.

При оценивании погрешностей используют пределы составляющих погрешностей, если невозможно использовать другие характеристики составляющих погрешностей.

9.3 Пределы относительной погрешности измерения массового расхода δ_{Gi} принимают по технической документации на теплосчетчики, а в случае, когда измеряемые температуры и давления теплоносителя находятся в пределах более узких, по сравнению с нормированными, и при использовании у расходомеров-счетчиков РС-СПА-М импульсных выходных сигналов, определяют по формуле

$$\delta_{Gi} = \left[\delta_{Go}^2 + \delta_{\tau}^2 + \delta_{\rho}^2\right]^{0,5}, \qquad (9.1)$$

где δ_{Go} и δ_{ρ} - пределы основной относительной погрешности расходомера-счетчика РС-СПА-М и относительной погрешности измерения плотности теплоносителя, соответственно;

δ_{τ} – дополнительная относительная погрешность расходомера-счетчика РС-СПА-М от воздействия температуры измеряемого теплоносителя.

9.3.1 Значение дополнительной погрешности δ_{τ} определяют по формуле

$$\delta_{\tau} = 0,02\delta_{Go}(t_i - t_o)\ , \qquad (9.2)$$

где t_i и t_0 – температура теплоносителя в i-ом трубопроводе и температура воды, при которой проведена поверка расходомера-счетчика РС-СПА-М, соответственно.

9.3.2 Пределы относительной погрешности определения плотности $\delta\rho$, %, зависят от погрешностей измерения температуры t и абсолютного давления среды p - $\delta\rho_t$, $\delta\rho_p$, а также от методической погрешности $\delta\rho_м$, возникающей из-за того, что датчики давления МИДА-13П измеряют избыточное давление, а абсолютное давление вычисляется тепловычислителем СПТ961 путем прибавления к избыточному давлению среды стандартного давления, а не барометрического.

Первые две погрешности, %, определяют по формуле

$$\delta\rho_t = \frac{\partial\rho}{\partial t}\cdot\frac{1}{\rho}\cdot\Delta t\cdot 100,\ \delta\rho_p = \frac{\partial\rho}{\partial p}\cdot\frac{1}{\rho}\cdot\gamma p\cdot p_{\max}, \qquad (9.3)$$

где Δt - пределы абсолютной погрешности измерения температуры, °С;

γp - пределы приведенной погрешности измерения давления, %.

При отклонении барометрического давления от стандартного на величину p_x, методическая погрешность определения плотности $\delta\rho_м$, %, определяют по формуле

$$\delta\rho_м = \frac{\partial\rho}{\partial p}\cdot\frac{1}{\rho}\cdot p_x\cdot 100. \qquad (9.4)$$

9.3.3 Для типовых режимов водяных систем при температурах от 60 до 150 ^{0}С и давлениях от 0,5 до 1 МПа, значение множителя $\frac{\partial\rho}{\partial t}\cdot\frac{1}{\rho}\cdot 100$ не превышает 0,1%/^{0}С, значение множителя $\frac{\partial\rho}{\partial p}\cdot\frac{1}{\rho}$ по модулю не превышает $0{,}07\cdot 10^{-3}$ 1/МПа.

При этом относительная погрешность определения плотности среды из-за отличия барометрического давления от стандартного, при отклонении барометрического давления от стандартного, например, на ±30 мм ртутного столба от значения стандартного давления 760 мм ртутного столба, не превышает $2{,}8\cdot 10^{-4}$ %.

9.3.4 Значения пределов погрешности измерений массового расхода и массы воды δ_{Gi} рассчитывают по формулам (9.1)...(9.4) , подставляя в нее соответствующие значения составляющих. Для типовых режимов, указанных в п. 9.3.3, пределы погрешности не превышают 1,4%.

9.4 Пределы относительной погрешности измерений тепловой энергии в водяных и паровых открытых системах теплоснабжения при условии принятия энтальпии холодной воды hхв=0 определяют по формулам

$$\delta_Q = \frac{\pm\left[\delta_{G_1}^2 + (\alpha\beta)^2\delta_{G_2}^2 + (1-\alpha)^2\delta_{h_1}^2 + \alpha^2(1-\beta)^2\delta_{h_p}^2\right]^{-0,5}}{1-\alpha\beta}, \quad (9.5)$$

$$\delta_Q = \frac{\pm\left[\delta_{G_1}^2 \cdot i_{h_p}^2 + (\alpha\beta)^2 \cdot \delta_{G_2}^2 + (\alpha\beta)^2 \cdot \delta_{h_2}^2\right]^{-0,5}}{1-\alpha\beta} \quad (9.6)$$

где $\alpha = \frac{G_2}{G_1}$, $\beta = \frac{h_2}{h_1}$;

δ_{G1}, δ_{G2} - относительные погрешности измерения массовых расходов теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе, соответственно;

δ_{h1} , δ_{h2} и δ_{hp} – относительные погрешности измерений энтальпии теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах и разности энтальпий теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах, соответственно.

9.4.1 Пределы относительных погрешностей измерения энтальпий δ_{h1} , δ_{h2} и погрешностей измерения разности энтальпии δ_{hp} определяют по формуле

$$\delta_h = \pm\left[\left(\frac{dh\cdot\delta_t t}{dth}\right)^2 + \left(\frac{dh\cdot\delta_p p}{dph}\right)^2\right]^{-0,5}. \quad (9.7)$$

При этом значения dh, dt, δ_t, h, dp, δ_p определяют для значений и давлений теплоносителей в подающем и обратном трубопроводах при оценивании δ_{h1} и δ_{h2} и для разности значений температур и давлений теплоносителей в подающем и обратном трубопроводах при оценивании δ_{hp}.

Относительная погрешность измерения разности абсолютных давлений определяется суммой погрешностей измерений избыточных давлений в подающем и обратном трубопроводах.

9.4.2 Для типовых режимов, указанных в п. 9.3.3, значения дифференциалов $\frac{\partial h}{\partial t_1}$ и $\frac{\partial h}{\partial t_2}$ для прямого и обратного трубопроводов не превышает значения 4,3 кДж/^{0}С , а значения дифференциалов $\frac{\partial h}{\partial p_1}$ и $\frac{\partial h}{\partial p_2}$ для прямого и обратного трубопроводов не превышает значения 0,1 кДж/МПа.

9.4.3 Значения пределов относительной погрешности измерений тепловой энергии δ_Q рассчитывают по формулам (9.5) – (9.7), подставляя в них значения составляющих, соответствующих реальным значениям параметров теплоносителей.

9.4.4 Значения пределов относительной погрешности измерений тепловой энергии ($\delta_т$) в водяных и паровых открытых системах теплоснабжения при условии определения энтальпии холодной воды ($h_{хв}>0$) вычисляют по формуле

$$\delta_т = \frac{1}{Q - Q_{хв}}\left[(Q\delta_Q)^2 + Q_{хв}^2(\delta_{G_{хв}}^2 + \delta_{t_{хв}}^2)\right]^{0,5}, \qquad (9.8)$$

где $Q_{хв} = \int_{\tau_0}^{\tau_1} G_{хв} h_{хв} d\tau$;

$\delta_{Gхв}$ и $\delta_{tхв}$ – пределы относительных погрешностей измерений массового расхода и энтальпии холодной воды, %;

$G_{хв}$ – массовый расход холодной воды, т (кг).

4.5 Значения пределов относительной погрешности измерений тепловой энергии в закрытых водяных системах теплоснабжения определяют в соответствии с МИ 2553 для реальных условий применения или по ГОСТ Р 51649.

Начальник отдела ФГУП ВНИИМС Б.М. Беляев

Начальник сектора ФГУП ВНИИМС А.И. Лисенков

gost.e-ecolog.ru