

УТВЕРЖДАЮ
Технический директор
ООО «ИЦРМ»



М. С. Казаков

23» апреля 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Счетчики тепла ЭКО НОМ СТУ
Методика поверки
ИЦРМ-МП-039-19

г. Москва
2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	5
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	5
6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....	5
8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	6
9 ОФОМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	10

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящий документ распространяется на счетчики тепла ЭКО НОМ СТУ (далее – теплосчетчики), и устанавливает методы, а также средства их первичной и периодической поверок.

1.2 На первичную поверку следует предъявлять теплосчетчики до ввода в эксплуатацию и после ремонта.

1.3 На периодическую поверку следует предъявлять теплосчетчики в процессе эксплуатации и/или хранения.

1.4 Периодичность поверки в процессе эксплуатации и хранения устанавливается потребителем с учетом условий и интенсивности эксплуатации, но не реже одного раза в четыре года.

1.5 Основные метрологические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение для исполнения		
	ЭКО НОМ СТУ 15.1	ЭКО НОМ СТУ 15.2	ЭКО НОМ СТУ 20
Диаметр условного прохода, Ду, мм	15		20
Минимальный объемный расход, $G_n(q_i^1)$, м ³ /ч	0,012	0,030	0,05
Номинальный объемный расход, $G_B(q_p^1)$, м ³ /ч	0,6	1,5	2,5
Максимальный объемный расход, $G_s(q_s^2)$, м ³ /ч	1,2	3,0	5,0
Порог чувствительности, м ³ /ч	0,003	0,004	0,006
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода (объема) теплоносителя класса 2 по ГОСТ Р ЕН 1434-1-2011, %:	$\pm(2+0,02 \cdot G_B/G)^3$		
Емкость индикаторного устройства	9999999,9		
Диапазон измерений температуры теплоносителя, °С	от +4 до +95		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	$\pm(0,6+0,004 \cdot t)^4$		
Диапазоны измерений разности температур, Δt , °С:	от +3 до +70		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений разности температур в подающем и обратном трубопроводах, %	$\pm(0,5+3 \cdot \Delta t_n / \Delta t)^5$		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений тепловой энергии теплосчетчика для класса 2 по ГОСТ Р ЕН 1434-1-2011, %	$\pm(3+4 \cdot \Delta t_n / \Delta t + 0,02 \cdot G_B/G)$		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений текущего времени, %	±0,1		
¹⁾ – Обозначения в соответствии с ГОСТ Р ЕН 1434-1-2011; ²⁾ – $G_s(q_s^1)$ – предельно допустимое значение расхода, при котором теплосчетчики функционируют в диапазоне расходов от G_B до G_s не более 1 ч в день и не более 200 ч в год без превышения максимально допускаемой погрешности; ³⁾ – $G(q^1)$ – измеренное значение объемного расхода теплоносителя, м ³ /ч; ⁴⁾ – t – измеренное значение температуры прямого или обратного потоков теплоносителя, °С; ⁵⁾ – Δt_n – минимальное значение разности температур, °С.			

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения	
		при первичной поверке	при периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Опробование, подтверждение соответствия программного обеспечения	8.2	Да	Да
3 Проверка на герметичность	8.3	Да	Да
4 Определение метрологических характеристик (далее – МХ)	8.4	Да	Да

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

2.3 При получении отрицательного результата в процессе выполнения любых пунктов или подпунктов операций поверки, теплосчетчики бракуют и их поверку прекращают.

2.4 Допускается объединять пункты и подпункты определения МХ.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, приведённые в таблице 3.

3.2 Применяемые средства поверки, испытательное оборудование должны быть исправны, средства поверки поверены и иметь действующие документы о поверке.

3.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых теплосчетчиков с требуемой точностью.

Таблица 3

Наименование средства поверки	Номер пункта Методики	Рекомендуемый тип средства поверки и его регистрационный номер в Федеральном информационном фонде или метрологические характеристики
Основные средства поверки		
Установка поверочная	8.2, 8.4	Установка поверочная автоматизированная УПСЖМ 600 (далее – установка поверочная), зав. № 091. Диапазон объемного расхода жидкости от 0,01 до 600 м ³ /ч, расширенная неопределенность при измерении объемного расхода жидкости 0,050 %.
Термостаты	8.2, 8.4	Термостаты переливные прецизионные ТПП-1 (далее – термостаты), рег. № 33744-07
Термометр сопротивления	8.4	Термометры сопротивления платиновые ТСПВ-1 (далее – эталонные термометры), рег. № 50256-12
Измеритель температуры	8.4	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10М (далее – измеритель температуры), рег. № 19736-11
Секундомер	8.4	Секундомер электронный с таймерным

Наименование средства поверки	Номер пункта Методики	Рекомендуемый тип средства поверки и его регистрационный номер в Федеральном информационном фонде или метрологические характеристики
		выходом СТЦ-2М (далее – секундомер), рег. № 65349-16
Вспомогательные средства поверки (оборудование)		
Преобразователь давления	8.3	Преобразователь давления эталонный ПДЭ-020-ДИ-190-А0 (далее – преобразователь давления), рег. № 58668-14.
Измеритель влажности и температуры	8.1 – 8.4	Термогигрометр электронный «CENTER» модель 313, рег. № 22129-09
Барометр-анероид метеорологический	8.1 – 8.4	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1, рег. № 5738-76
Персональный компьютер	8.3	Персональный компьютер (далее – ПК) (интерфейс Ethernet; объем оперативной памяти не менее 1 Гб; объем жесткого диска не менее 10 Гб; дисковод для чтения CD-ROM; операционная система Windows)

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускают лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на право поверки, непосредственно осуществляющие поверку средств измерений.

4.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75 и требованиями, установленными эксплуатационной документацией (далее – ЭД) на теплосчетчики и средства поверки.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверка производится в следующих условиях, если иное не предусмотрено нормативной документацией на поверку компонентов:

- температура окружающего воздуха от + 15 до + 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

6.2 При подготовке к поверке необходимо руководствоваться указаниями, приведенными в ЭД на средства поверки.

6.3 Для контроля температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха использовать термогигрометр электронный «CENTER» модель 313.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- изучить ЭД на теплосчетчики и на применяемые средства поверки;
- выдержать теплосчетчики в условиях окружающей среды, указанных в п. 6.1 не менее 2 ч, если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 6.1;
- теплосчетчик необходимо перевести в тестовый режим в соответствии с ЭД на теплосчетчик;
- подготовить к работе средства поверки и выдержать во включенном состоянии в соответствии с указаниями ЭД.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют соответствие теплосчетчика следующим требованиям:

- соответствие теплосчетчика комплектности, указанной в ЭД;
- соответствие теплосчетчика маркировке, указанной в ЭД;
- соответствие заводского номера теплосчетчика, указанного в ЭД;
- отсутствие механических и иных повреждений, влияющих на работоспособность теплосчетчика;
- отсутствие дефектов, препятствующих правильному считыванию показаний с индикаторного устройства теплосчетчика.

Результаты проверки считать положительными, если выполняются все вышеуказанные требования.

8.2 Опробование, подтверждение соответствия программного обеспечения

8.2.1 Опробование

Опробование теплосчетчика проводится в следующем порядке:

- 1) подготовить теплосчетчик, термостаты и установку в соответствии с их ЭД;
- 2) поместить термопреобразователи сопротивления из состава теплосчетчика в термостаты;
- 3) установить преобразователь расхода теплосчетчика в измерительную линию установки и произвести его наработку в диапазоне объемного расхода жидкости от $0,2 \cdot G_B$ до $0,5 \cdot G_B$ и пролить через него объем теплоносителя в течение 5 минут.

Результаты проверки считать положительными, если:

- теплосчетчик функционирует в соответствии с ЭД;
- на дисплее теплосчетчика отображаются изменения результатов измерений;
- при наличии интерфейсов и (или) каналов беспроводной связи (радиоканал) осуществляется передача результатов измерений через них.

8.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Подтверждение соответствия программного обеспечения проводится в следующем порядке:

- 1) подготовить теплосчетчик согласно эксплуатационной документации;
- 2) нажать на кнопку несколько раз до появления идентификационных данных ПО;
- 3) сравнить идентификационные данные ПО, указанные на экране теплосчетчика, с данными из описания типа.

Результаты проверки считать положительными, если идентификационные данные ПО, указанные на экране теплосчетчика, совпадают с данными из описания типа.

8.3 Проверка на герметичность

Проверку герметичности теплосчетчика проводят следующим образом:

- 1) подготовить теплосчетчик и установку в соответствии с их ЭД;
- 2) преобразователь расхода теплосчетчика заполнить водой.

3) герметичность теплосчетчиков проверяют созданием давления $1,6 \pm 0,1$ МПа с помощью установки в рабочей полости преобразователя расхода теплосчетчика. Давление контролировать при помощи преобразователя давления. Давление повышают плавно, в течение 1-й минуты. Выдерживают теплосчетчик в течение 3-х минут.

Результаты проверки считать положительными, если в процессе проверки в местах соединения и корпусе теплосчетчика не наблюдаются отпотевания, капель или течи воды, а также отсутствует падение давления.

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода, объема теплоносителя, абсолютной погрешности измерений температуры и относительной погрешности измерений разности температур производить на каждом из следующих диапазонов расхода G и разности температур Δt :

- а) $\Delta t_n \leq \Delta t \leq 1,2 \cdot \Delta t_n$ и $0,9 \cdot G_b \leq G \leq G_b$;
- б) $10^\circ\text{C} \leq \Delta t \leq 20^\circ\text{C}$ и $0,1 \cdot G_b \leq G \leq 0,11 \cdot G_b$;
- в) $(\Delta t_b - 5)^\circ\text{C} \leq \Delta t \leq \Delta t_b$ и $G_n \leq G \leq 1,1 \cdot G_n$;

8.4.2 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема теплоносителя

Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема теплоносителя теплосчетчиков проводить с помощью установки в следующей последовательности:

- 1) подготовить теплосчетчик и установку согласно их ЭД;
- 2) установить теплосчетчик в измерительную линию установки;
- 3) задать на установке значение объемного расхода в соответствии с п. 8.4.1. Пролить через теплосчетчик объем воды в каждой точке измеряемого диапазона расходов и разности температур не менее 10 л с продолжительностью не менее 2 минут и снять показания теплосчетчика в каждой поверяемой точке;
- 4) значение относительной погрешности измерений объемного расхода δG , %, определить по формуле (1):

$$\delta G = \frac{G_{И} - G_{Э}}{G_{Э}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $G_{И}$ – объемный расход жидкости, измеренный теплосчетчиком, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $G_{Э}$ – объемный расход жидкости, воспроизведенный установкой, $\text{м}^3/\text{ч}$.

- 5) значение относительной погрешности измерений объема δV , %, определить по формуле (2):

$$\delta V = \frac{V_{И} - V_{Э}}{V_{Э}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $V_{И}$ – объем жидкости, измеренный теплосчетчиком, м^3 ;
 $V_{Э}$ – объем жидкости, измеренный установкой, м^3 .

Результаты проверки считать положительными, если погрешности измерений объемного расхода и объема в каждой поверяемой точке не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

8.4.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры и относительной погрешности измерений разности температур проводить в следующей последовательности:

- 1) подготовить теплосчетчик, термостаты, эталонные термометры и измеритель температуры согласно их ЭД;
- 2) поместить в термостаты термопреобразователи сопротивления теплосчетчиков и эталонные термометры, подключенные к измерителю температуры;
- 3) установить на термостатах значения температуры жидкости, чтобы разность

температур соответствовала точкам, указанным в п. 8.4.1;

4) произвести в каждой точке измерение температуры и разности температур при помощи теплосчетчика и эталонных термометров, подключенных к измерителю температуры;

5) определить значение абсолютной погрешности измерений температуры в каждой точке по формуле (3):

$$\Delta t = t_{II} - t_{Э}, \quad (3)$$

где t_{II} – значение температуры в термостатах, измеренное теплосчетчиком, °С;

$t_{Э}$ – значение температуры в термостатах, измеренное эталонными термометрами, подключенными к измерителю температуры, °С;

б) определить значение относительной погрешности измерений разности температур по формуле (4):

$$\delta \Delta t = \frac{\Delta t_{II} - \Delta t_{Э}}{\Delta t_{Э}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где Δt_{II} – значение разности температур в термостатах измеренное теплосчетчиком, °С;

$\Delta t_{Э}$ – значение разности температур в термостатах измеренное эталонными термометрами, присоединенными к измерителю температуры, °С;

Результаты проверки считать положительными, если погрешности измерений температуры и разности температур в каждой поверяемой точке не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

8.4.4 Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии проводится одним из двух методов:

- проливной;
- беспроливной (при наличии).

Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии производить на каждом из диапазонов расхода G и разности температур Δt :

- при измерении количества тепловой энергии нагрева:

- а) $\Delta t_{н} \leq \Delta t \leq 1,2 \cdot \Delta t_{н}$ и $0,9 \cdot G_{в} \leq G \leq G_{в}$;
- б) $10^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq 20^{\circ}\text{C}$ и $0,1 \cdot G_{в} \leq G \leq 0,11 \cdot G_{в}$;
- в) $\Delta t = (50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ и $G_{н} \leq G \leq 1,1 \cdot G_{н}$;

- при измерении количества тепловой энергии охлаждения:

- а) $\Delta t_{н} \leq \Delta t \leq 1,2 \cdot \Delta t_{н}$ и $0,9 \cdot G_{в} \leq G \leq G_{в}$;
- б) $\Delta t = (50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ и $G_{н} \leq G \leq 1,1 \cdot G_{н}$;

8.4.4.1 Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии проливным методом производить при помощи установки на каждом из диапазонов расхода G и разности температур Δt , указанных в п.8.4.4.1 в следующей последовательности:

1) подготовить теплосчетчик, эталонные термометры, термостаты и установку согласно их ЭД;

2) установить теплосчетчик в измерительную линию установки:

– при определении относительной погрешности измерений количества тепловой энергии нагрева, теплосчетчик необходимо устанавливать на установку согласно схеме монтажа теплосчетчика в обратном трубопроводе, приведенной в ЭД на теплосчетчик;

– при определении относительной погрешности измерений количества тепловой энергии охлаждения, теплосчетчик необходимо устанавливать на установку согласно схеме монтажа теплосчетчика в подающем трубопроводе, приведенной в ЭД на теплосчетчик;

3) для создания необходимой разности температур теплоносителя, термопреобразователи сопротивления теплосчетчика с эталонными термометрами помещают в термостаты. Температуру и разность температур в термостатах контролируют по эталонным

термометрам, подключенным к измерителю температуры;

4) объем воды, прошедший через теплосчетчик должен обеспечивать приращение тепловой энергии на дисплее теплосчетчика не менее 300 значащих единиц в каждом измерении.

5) произвести расчет теоретического значения тепловой энергии $E_{\text{Э}}$, кВт·ч, по формуле 5.

$$E_{\text{Э}} = V_0 \cdot \rho \cdot (h_1 - h_2) \quad (5)$$

где: V_0 - объем воды, измеренный поверочной установкой, м³;

h_1 – энтальпия воды в подающем трубопроводе, Гкал/кг (кВт·ч/кг);

h_2 – энтальпия воды в обратном трубопроводе, Гкал/кг (кВт·ч/кг);

ρ – плотность воды, кг/м³.

Значения энтальпии воды рассчитывают по температуре t_1 (для подающего трубопровода) или t_2 (для обратного трубопровода), измеренной в термостатах.

Значение плотности воды рассчитывают при температуре t_1 , если объем воды измеряется в подающем трубопроводе и t_2 – если в обратном.

Значение плотности и энтальпии воды рассчитывают согласно МИ 2412-97, Приложению А настоящей методики. Значение плотности и энтальпии рассчитывают при давлении 1,6 МПа.

б) определить значение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии по формуле (6):

$$\delta E_{\text{прол}} = \frac{(E_{\text{ук}} - E_{\text{ин}}) - E_{\text{Э}}}{E_{\text{Э}}} \cdot 100\% \quad (6)$$

где $E_{\text{ин}}$ – значение тепловой энергии на дисплее теплосчетчика до начала измерений, Гкал или кВт·ч;

$E_{\text{ук}}$ – значение тепловой энергии на дисплее теплосчетчика после измерений, Гкал или кВт·ч;

$E_{\text{Э}}$ – эталонное значение тепловой энергии, Гкал или кВт·ч, рассчитанное по формуле 5.

Результаты проверки считать положительными, если погрешности измерений тепловой энергии в каждой поверяемой точке не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

8.4.4.2 Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии беспроточным методом (при наличии) проводится в следующей последовательности:

1) подготовить теплосчетчик, термостаты, эталонные термометры и измеритель температуры согласно их ЭД;

2) пару термопреобразователей сопротивления теплосчетчиков и эталонные термометры, подключенные к измерителю температуры, погрузить в термостаты;

3) в теплосчетчиках войти в меню в раздел для поверки согласно ЭД на теплосчетчики;

4) запустить процесс тестового измерения. Время прохождения теста около 2 мин. После этого на экране появится запись, сигнализирующая о завершении тестового измерения. Меняющийся через 2-5 с экран будет показывать: измеренную тепловую энергию, симулированный объем теплоносителя;

5) при значении разности температур, соответствующим п. 8.4.4.1, произвести измерение значения тепловой энергии при помощи теплосчетчиков и значения температуры при помощи эталонных термометров, подключенного к измерителю температуры, не менее трех раз в каждой точке. Допускается изменять порядок точек;

б) произвести расчет теоретического значения тепловой энергии, $E_{\text{Э}}$, Гкал (кВт·ч), по формуле (5);

7) Определить значение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии по формуле (7):

$$\delta E_{\text{беспрол}} = \frac{E_H - E_{\text{Э}}}{E_{\text{Э}}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где E_H – количество тепловой энергии, измеренное теплосчетчиком, Гкал (кВт·ч).

8) Пределы допускаемой относительной погрешности вычислений количества тепловой энергии беспроливным методом определяются как разности пределов допускаемых относительных погрешностей вычислений количества тепловой энергии и измерений объемного расхода (объема) теплоносителя, указанные в таблице 1, и, соответственно, равные $\pm(1+4 \cdot \Delta t_n / \Delta t)$ %.

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность измерений тепловой энергии беспроливным методом в каждой проверяемой точке не превышает $\pm(1+4 \cdot \Delta t_n / \Delta t)$ %.

8.4.5 Определение относительной погрешности измерений текущего времени проводить в следующей последовательности:

- 1) включить теплосчетчик и вызвать на табло индикации значения текущего времени согласно ЭД;
- 2) в момент смены наименьшего разряда показаний текущего времени теплосчетчика включить секундомер;
- 3) выждать не менее 40 мин;
- 4) в момент смены наименьшего разряда показаний текущего времени теплосчетчика выключить секундомер и зафиксировать показания теплосчетчика и секундомера;
- 5) рассчитать относительную погрешность измерений интервалов времени теплосчетчика по формуле (8):

$$\delta_s = \frac{T_m - T_c}{T_c} \cdot 100\% \quad (8)$$

где T_m – интервал времени, измеренный встроенными часами теплосчетчика, с;

T_c – интервал времени, измеренный секундомером, с

Результаты проверки считать положительными, если погрешность измерений времени не выходит за пределы, указанные в таблице 1.

Допускается определение относительной погрешности измерений текущего времени одновременно с определением других МХ теплосчетчика.

9 ОФОМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 По завершении операций поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме с указанием следующих сведений:

- полное наименование аккредитованной на право поверки организации;
- номер и дата протокола поверки;
- наименование и обозначение (тип, модификация) поверяемого средства измерения;
- заводской (серийный) номер поверяемого средства измерения;
- наименование и номер документа, в соответствии с которым выполнена поверка;
- наименования, обозначения и заводские (серийные) номера использованных при поверке средств измерений;
- условия поверки;
- результаты определения метрологических характеристик.
- ФИО лица, проводившего поверку и дата поверки.

Если оформляется свидетельство о поверке, то допускается не оформлять протокол поверки отдельным документом, а результаты поверки (метрологические характеристики) указать на оборотной стороне свидетельства о поверке.

9.2 При положительном результате поверки делают соответствующую запись в паспорте теплосчетчика и (или) выдается свидетельство о поверке и наносится знак поверки и (или) на свидетельство о поверке и (или) на поверяемое средство измерения и (или) в паспорте теплосчетчика в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. № 1815.

9.3 При отрицательном результате поверки, выявленном при выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 02.07.2015 г. № 1815.

Ведущий инженер ООО «ИЦРМ»



А. В. Щетинин

Руководитель направления испытаний средств измерений расхода, объема жидкости и газов ООО «ИЦРМ»



М. Ю. Родин

Инженер II категории ООО «ИЦРМ»



Я. О. Мельников

Приложение А
(обязательное)

Уравнения определения плотности и энтальпии воды по МИ 2412-97

А.1. Плотность ρ определяют по формуле:

$$\frac{10^3}{\rho} = 114.332 \cdot \tau - 431.6382 + \frac{706.5474}{\tau} - \frac{641.9127}{\tau^2} + \frac{349.4417}{\tau^3} - \frac{113.8191}{\tau^4} + \frac{20.5199}{\tau^5} - \frac{1.578507}{\tau^6} + \pi \left(-3.117072 + \frac{6.589303}{\tau} - \frac{5.210142}{\tau^2} + \frac{1.819096}{\tau^3} - \frac{0.2365448}{\tau^4} \right) + \pi^2 \left(-6.417443 \cdot \tau + 19.84842 - \frac{24.00174}{\tau} + \frac{14.21655}{\tau^2} + \frac{4.13194}{\tau^3} - \frac{0.4721637}{\tau^4} \right) \quad (A.1)$$

где: ρ - плотность воды кг/м³;

τ - приведенная температура воды, равная $\tau = (t+273.15)/647.14$, t - температура воды, °С;

π - приведенное абсолютное давление, равное $\pi = P/22.064$,

где P – абсолютное давление, равное 1,6 МПа.

Среднеквадратическая оценка относительной погрешности уравнения А.1 не выходит за пределы: $\pm 0,025\%$. Максимальное значение относительной погрешности уравнения А.1 не выходит за пределы: $\pm 0,10\%$.

А.2 Энтальпию h воды определяют по формуле:

$$h = 7809.096 \cdot \tau - 13868.72 + \frac{12725.22}{\tau} - \frac{6370.893}{\tau^2} + \frac{1595.86}{\tau^3} - \frac{159.9064}{\tau^4} + \pi \left(\frac{9.488789}{\tau} \right) + \pi^2 \left(-148.1135 \cdot \tau + 224.3027 - \frac{111.4602}{\tau} + \frac{18.15823}{\tau^2} \right) \quad (A.2)$$

где h -энтальпия воды, кДж/кг.

Остальные обозначения те же, что в формуле (А.1).

Среднеквадратическая оценка относительной погрешности уравнения А.2 не выходит за пределы: $\pm 0,07$. Максимальное значение относительной погрешности уравнения А.2 не выходит за пределы $\pm 0,20\%$.