

СОГЛАСОВАНО

Заместитель Генерального  
директора Ростест-Москва

\_\_\_\_\_ Евдокимов А.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2001 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ТБН энергосервис

\_\_\_\_\_ Теплышев В.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2001 г.

Теплосчетчики КМ-5

**Методика поверки**

МП 42968951 - 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	3
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ</b>	3
<b>1. Операции поверки</b>	4
<b>2. Средства поверки</b>	4
<b>3. Требования безопасности</b>	5
<b>4. Условия поверки и подготовки к ней</b>	5
<b>5. Проведение поверки</b>	6
<b>5.1. Внешний осмотр</b>	6
<b>5.2. Проверка сопротивления изоляции электродов         первичного преобразователя</b>	6
<b>5.3. Проверка сопротивления изоляции цепей         питания теплосчетчика</b>	7
<b>5.4. Опробование</b>	7
<b>5.5. Определение основной погрешности</b>	8
<b>6. Оформление результатов поверки</b>	21
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</b>	
Электрические схемы подключения измерительных приборов при поверке КМ-5	22
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2</b>	
Значения плотности и энтальпии теплоносителя в поверочных точках	23
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3</b>	
Выбор значения веса импульса при опробовании импульсного входа КМ-5	23
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 4</b>	
Решение системы трех линейных уравнений при определении коэффициентов ИСХ для ПТ комплекта	24

**ВВЕДЕНИЕ**

Настоящая методика поверки определяет порядок первичной и периодической поверок теплосчетчиков КМ-5.

Теплосчетчики КМ-5 (в дальнейшем теплосчетчики или ТС) подлежат обязательной первичной поверке, а также периодической поверке не реже одного раза в три года.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

ТС	- теплосчетчик
Ду	- диаметр условного прохода
ПР	- преобразователь расхода
ПД	- преобразователь давления
ПТ	- термопреобразователь или преобразователь температуры
ИБ	- измерительный блок или модуль ИБ
ИВБ	- измерительно-вычислительный блок или модуль ИВБ
БП	- блок питания
ВУ	- вычислительное устройство или модуль ВУ
КР	- измерительный канал расхода или канал расхода
КТ	- измерительный канал температуры или канал температуры
КД	- измерительный канал давления или канал давления
ККТ	- измерительный канал количества теплоты или канал количества теплоты
ИВКТ	- измерительно-вычислительный канал количества теплоты
ПРЭ	- преобразователь расхода электромагнитный полнопроходный
ПРБ-1 (ПРБ-3)	- преобразователь расхода электромагнитный погружной для трубопроводов большого диаметра с одним (тремя) датчиком (датчиками) локальной скорости теплоносителя.
ПРП	- преобразователь расхода для газообразных и парообразных сред
ПРИ	- преобразователь расхода с импульсным выходом в дополнительном канале расхода

**1. Операции поверки**

1.1. При проведении поверки выполнять операции, указанные в таблице 1.

**Таблица 1**

Наименование операции	Номер пункта настоящего раздела	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр	5.1.	да	да
2. Проверка сопротивления изоляции электродов первичного преобразователя (для ТС с преобразователями расхода типа ПРЭ, ПРБ-п).	5.2.	да	да
3. Проверка сопротивления изоляции цепей питания теплосчетчика	5.3.	да	да
4. Опробование	5.4.	да	да
5. Определение основной погрешности каналов теплосчетчика.	5.5.	да	да

- 1.2. Преобразователи расхода, термопреобразователи и преобразователи давления поверять по методике изготовителя и с периодичностью, указанной в их технической документации.
- 1.3. Преобразователи давления, входящие в состав ИБ поверять по методике, изложенной в МИ 1997-89.
- 1.4. Поверка теплосчетчика, должна осуществляться по каналам: измерения расхода, количества теплоты, температуры и давления. Поверка каналов расхода теплосчетчиков КМ-5-Б с ПР типа ПРБ-1 (ПРБ-3) может проводиться по имитационной методике, описанной в методике поверки счетчиков-расходомеров РМ-5-Б.
- 1.5. Поверка вычислительного устройства (ВУ), должна осуществляться только по каналу количества теплоты.
- 1.6. Поверка модуля адаптера сигналов датчиков (АСД), должна осуществляться по каналам: расхода, температуры и давления. Модуль АСД вырабатывает сигнал в форме удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию пользователем. Для просмотра значений измерений может использоваться поверенное ВУ, в качестве тестового устройства.

## **2. Средства поверки**

При проведении поверки применять эталонные средства измерений и вспомогательное оборудование, приведенные в таблице 2.

Таблица 2.

Наименование	Технические характеристики
Установка поверочная для счетчиков жидкости ДОУН-150/200 Установка расходомерная образцовая УРОКС-400 Эталонная установка РУТ-08	Допускаемая основная относительная погрешность $\delta v = \pm 0.25\%$ Допускаемая основная относительная погрешность $\delta v = \pm 0.15\%$ Диапазон расхода воздуха 0.04 ... 400 м <sup>3</sup> /ч, $\delta v = \pm 0.135\%$
Частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64	Относительная погрешность $\sigma_f = \pm 5 \cdot 10^{-7}$
Секундомер электронный СТЦ2	Абсолютная погрешность измерения интервалов времени $\Delta = \pm (15 \cdot 10^{-6} \cdot T + C)$
Генератор прямоугольных импульсов Г5-82	$U_{\text{имп}} < 4.5 \text{ В}$ , $\tau_{\text{имп}} < 5 \text{ мс}$ , $T_{\text{max}} = 99 \text{ сек.}$
Магазин сопротивлений Р3026 (не менее 2 шт.)	Класс точности 0.005
Мегаомметр Еб-16	Диапазон измерения: 1-500 МОм при $U=500\text{В}$ , основная относительная погрешность не более $\pm 1.5\%$
Калибратор тока ПЗ21	Диапазон измерения: $1 \cdot 10^{-6} \text{ А} \dots 1 \text{ А}$
Мера сопротивления Р3030	100 Ом, класс точности 0.002
Компаратор напряжений Р3003	0 ... 10 В, класс точности 0.0005
Блок питания Б5-49	10 ... 24 В, $I_{\text{max}} = 50 \text{ мА.}$
Термометр сопротивления платиновый образцовый ПТС-10М,	1-го разряда, (0 –250)°С
Термостаты жидкостные для создания температур в диапазоне от 0°С до 200°С;	Стабильность температуры и однородность температурного поля не менее $\pm 0.005^\circ\text{С}$
Манометр грузопоршневой МП-60, МП-6.	класс точности 0,05

**Примечание:** допускается применение других средств поверки с аналогичными характеристиками, разрешенных к применению в Российской Федерации.

### 3. Требования безопасности

- При проведении поверки необходимо соблюдать: - "Правила эксплуатации электроустановок потребителей" и "Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
- Требования безопасности указаны в эксплуатационной документации на средства поверки.

### 4. Условия поверки и подготовки к ней

Основную погрешность теплосчетчиков определять при соблюдении следующих условий окружающей среды:

- § температура окружающего воздуха  $(20 \pm 5)^\circ\text{С}$ ;
- § относительная влажность до 80 %;
- § атмосферное давление от 86 до 106.7 кПа;
- § отклонение напряжения сетевого питания от номинального значения не более  $\pm 5\%$ ;
- § отклонение частоты напряжения сетевого питания не более  $\pm 2\%$ ;

- § внешние электрические и магнитные поля (кроме земного), а также вибрация и тряска, влияющие на работу теплосчетчиков, должны отсутствовать;
- § длина линии связи между первичным преобразователем и измерительным блоком - не более 1 м.

**измеряемая среда - водопроводная вода:**

- § температура измеряемой среды ( $20 \pm 5$ )°С;
- § длина прямолинейного участка трубопровода в зависимости от типа ПР:
- для полнопроходных электромагнитных ПР - до первичного преобразователя не менее 3 Ду, после первичного преобразователя - не менее 1 Ду;
  - для погружных электромагнитных ПР типа ПРБ-1 - по ГОСТ 8.361;
  - для погружных электромагнитных ПР типа ПРБ-2 - по ГОСТ 8.361 или, в зависимости от условий эксплуатации, до первичного преобразователя не менее 10 Ду, после первичного преобразователя не менее 5 Ду;;
  - для погружных электромагнитных ПР типа ПРБ-n ( $n \geq 3$ ) - до первичного преобразователя не менее 5 Ду, после первичного преобразователя - не менее 3 Ду;
  - для ПР на основе струйного автогенератора – без ограничений.

**измеряемая среда – воздух** (при поверке каналов расхода с ПР типа ПРП):

- § температура измеряемой среды ( $20 \pm 3$ ) °С.

## **5. Проведение поверки.**

### **5.1. Внешний осмотр.**

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- 1) наличие паспорта у теплосчетчика, выпущенного из производства или ремонта, и свидетельства о предыдущей поверке у теплосчетчика, находящегося в эксплуатации;
- 2) отсутствие крупных дефектов в окраске корпуса и дефектов, затрудняющих отсчет показаний и манипуляции органами управления;
- 3) соответствие маркировки теплосчетчика требованиям эксплуатационной документации на него;
- 4) отсутствие осадка на электродах и на внутреннем покрытии трубы первичного преобразователя (для теплосчетчиков с ПР типа ПРЭ, ПРБ-n).

### **5.2. Проверка сопротивления изоляции электродов первичного преобразователя.**

Проверку электрического сопротивления изоляции цепей электродов ПР относительно корпуса проводить мегомметром при напряжении 500 В.

При проверке первичный преобразователь должен быть отключен от измерительного блока.

Один зажим мегомметра с обозначением «земля» соединить с корпусом первичного преобразователя, а другой - с каждым из электродов первичного преобразователя.

Теплосчетчики считаются выдержавшими проверку, если сопротивление изоляции электродов первичного преобразователя относительно корпуса не менее 100 МОм.

### **5.3. Проверка сопротивления изоляции цепей питания теплосчетчика.**

Сопротивление изоляции цепей питания теплосчетчика относительно корпуса проверить мегомметром при напряжении 500 В путем измерения сопротивления между корпусом и соединенными вместе клеммами цепи питания теплосчетчика.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 40 МОм.

## 5.4. Опробование.

Установить преобразователи расхода на трубопровод расходомерной установки и произвести монтаж внешних соединений по схемам, приведенным в “Руководстве по эксплуатации” (далее РЭ) поверяемого теплосчетчика. Вместо термопреобразователей сопротивления подключить магазины сопротивлений. Вместо преобразователей давления подключить калибраторы тока 0 – 20 мА (для теплосчетчика, укомплектованного преобразователя давления).

Подключить питание к теплосчетчику и прогреть его не менее 30 мин.

Изменить расход измеряемой среды от нуля до максимального значения и обратно. Показания дисплея по объемному и массовому расходу должны изменяться пропорционально расходу. Показания дисплея по объему и массе должны изменяться.

При изменении значений сопротивления (в диапазоне, соответствующем диапазону измерения температуры) на выходе магазинов сопротивления, показания значений температуры на дисплее должны изменяться.

При изменении значений тока (в диапазоне, соответствующем диапазону измерения давления) на выходе калибратора тока, показания значений давления на дисплее должны изменяться.

Если теплосчетчик оборудован импульсным выходом, собрать электрическую схему подключения измерительных приборов при опробовании импульсного выхода КМ-5 (см. Приложение 1).

Настроить импульсный выход КМ-5: задать вес импульса  $K_i$  с учетом максимального значения расхода ( $G_{max}$ ) в трубопроводе, которому соответствует выходной импульсный сигнал.  $K_i$  задается и модифицируется в соответствии с РЭ. Рекомендованные значения  $K_i$  в зависимости от  $G_{max}$  приведены в Приложении 3.

Задать численно значение расхода  $G_z$ , равное  $0.9 \cdot G_{max}$ . Значение  $X_z$  задавать по методике, приведенной в РЭ.

Измерить параметры выходного сигнала по методике, приведенной в РЭ.

Рассчитать разность измеренного числа импульсов на выходе КМ-5 и расчетного числа импульсов по формуле:

$$\Delta N_{вых} = N_{вых} - N_{расч}$$

где  $N_{вых}$  – измеренное число импульсов на выходе КМ-5;  $N_{расч}$  – расчетное число импульсов на выходе КМ-5;  $N_{расч} = G_z \cdot T_{ss} / (3600 \cdot K_i)$ ,

$K_i$  – вес импульса, м<sup>3</sup>/имп,  $T_{ss}$ , с, - время между командами «Старт» и «Стоп».

У теплосчетчиков, снабженных импульсным выходом, разница между измеренным и расчетным числом импульсов  $\Delta N_{вых}$  не должна превышать  $\pm 1$  импульс.

## 5.5. Определение основной погрешности.

### 5.5.1. Подготовка к измерениям.

Установить преобразователи расхода на трубопровод расходомерной установки перед определением основной относительной погрешности канала измерения объема, массы, объемного и массового расхода. При этом для теплосчетчиков с ПР типа ПРЭ, ПРБ-п перед измерениями включить максимальный для поверяемого теплосчетчика расход на 30 минут. После чего, не сливая воды, оставить поверяемые приборы на 12-48 часа для стабилизации характеристик преобразователей расхода.

Собрать электрическую схему подключения поверяемого теплосчетчика согласно РЭ.

Вместо термопреобразователей сопротивления подключить магазины сопротивлений или имитаторы термопреобразователей.

Если ТС укомплектован преобразователями давления (ПД), вместо ПД подключить калибраторы тока 0 – 20 мА.

Если ТС при определении основной погрешности дополнительных каналов расхода, укомплектован дополнительными преобразователями расхода с импульсными выходами, вместо ПРИ подключить генератор импульсов.

При определении основной погрешности КР с токовым выходом, собрать электрическую схему, приведенную в Приложении 1.

При определении основной погрешности КР с частотным выходом, к частотному выходу подключить частотомер.

Подготовить теплосчетчик к работе в соответствии с требованиями, указанными в РЭ.

**Примечание:** Для автоматического сбора и обработки измерительной информации при определении основной погрешности теплосчетчика применить персональный компьютер типа IBM PC не ниже 386 серии и использовать программу *en\_km5.exe*, поставляемую по запросу потребителя. ПК подключить к КМ-5 согласно РЭ. В случае, когда частотный, токовый или импульсный выходы конструктивно выполнены в отдельном корпусе в виде адаптера выходных сигналов, связанного с вычислительным устройством (ВУ) КМ-5 по интерфейсу RS-485, ПК подключается непосредственно к этому адаптеру через преобразователь RS-485/RS-232 (см. рисунок. 1).

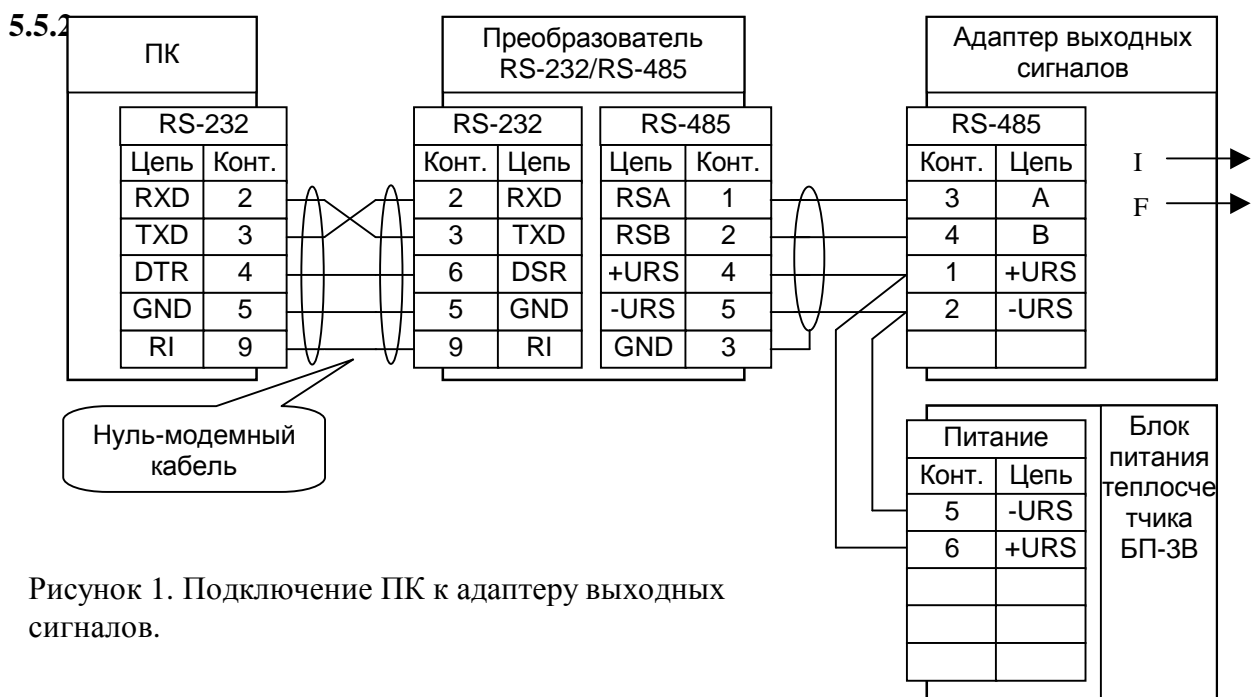


Рисунок 1. Подключение ПК к адаптеру выходных сигналов.



### 5.5.2. Выбор точек поверки.

Основную относительную погрешность теплосчетчиков при определении количества теплоты (проливным методом), объема, массы, объемного и массового расхода, температуры теплоносителя и разности температур теплоносителя определять при значениях расхода, давления и температуры теплоносителя, указанных в таблицах 3а (теплоноситель – вода или конденсат) и 3б, в (теплоноситель – перегретый и насыщенный пар).  $G_{\max}$ ,  $G_{\min}$  - значения наибольшего и наименьшего расхода ПР поверяемого теплосчетчика.

Пустить воду через градуируемые (поверяемые) приборы и установить требуемый эталонный расход. Не прерывая расхода воды через приборы, подать команду старт (старт с хода). Время между стартом и стопом должно быть не менее 30 с, рекомендуемое - 100-300 с.

Если же проливная установка работает так, что перед стартом вода течет по обводной трубе, а через приборы пускается только в момент старта (старт со стопа) с одновременным перекрытием обводной трубы, то время между стартом и стопом должно быть не менее 600 с.

Значения  $G_{\max}$ ,  $G_{\min}$  приводятся в паспорте и в РЭ поверяемого теплосчетчика. Время сеанса измерений  $T_{ss}$  должно быть не менее 100 с.

**Таблица 3а**

№	Объемный расход, м <sup>3</sup> /ч	$P_1$ , МПа	$t_1$ , °С	$t_2$ , °С	$t_1 - t_2$ , °С	Число сеансов измерений, не менее, раз
1	$G_{\min} \dots 1.1 \cdot G_{\min}$	1.07873	150	5	145	3
2	$0.03 \cdot G_{\max} \dots 0.22 \cdot G_{\max}$	1.07873	150	30	120	3
3	$0.9 \cdot G_{\max} \dots 1.0 \cdot G_{\max}$	1.07873	40	39	1	3

**Примечание:**  $t_1$ ,  $P_1$  - температура и абсолютное давление теплоносителя в подающем трубопроводе,  $t_2$  - в обратном трубопроводе.

**Таблица 3б**

№	Объемный расход перегретого пара, м <sup>3</sup> /ч	$P_1$ , МПа	$t_1$ , °С	$t_2$ , °С	Число сеансов измерений, не менее, раз
1	$G_{\min} \dots 1.1 \cdot G_{\min}$	0.5	400	5	3
2	$0.20 \cdot G_{\max} \dots 0.22 \cdot G_{\max}$	--/--	--/--	--/--	3
3	$0.9 \cdot G_{\max} \dots 1.0 \cdot G_{\max}$	--/--	--/--	--/--	3

**Таблица 3в**

№	Объемный расход насыщенного пара, м <sup>3</sup> /ч	$P_1 = P_s$ , МПа	$t_1 = t_s$ , °С	$t_2$ , °С	Число сеансов измерений, не менее, раз
1	$G_{\min} \dots 1.1 \cdot G_{\min}$	0.4761	150	5	3
2	$0.20 \cdot G_{\max} \dots 0.22 \cdot G_{\max}$	--/--	--/--	--/--	3
3	$0.9 \cdot G_{\max} \dots 1.0 \cdot G_{\max}$	--/--	--/--	--/--	3

**Примечание:**  $t_1$ ,  $P_1$  - температура и абсолютное давление пара в паропроводе,  $t_2$  - температура холодной воды, используемой для подпитки на источнике тепла.

Значения сопротивления, соответствующие указанным температурам для платиновых ТС с НСХ 100П и Pt100 приведены в таблице 3г.

Таблица 3г

Температура t, °C	Значение сопротивления R, Ом	
	НСХ 100П, W <sub>100</sub> = 1.3911	НСХ Pt100, W <sub>100</sub> = 1.3851
400	249.44	247.09
150	158.23	157.33
40	115.78	115.54
39	115.39	115.15
30	111.86	111.67
5	101.98	101.95

Для теплосчетчика с ПР типа ПРП (для газообразных и парообразных сред) заданные значения расходов при значениях плотности пара от 0,5 до 25 кг/м<sup>3</sup> (определяется статическим давлением и температурой) обеспечиваются перепадами давления  $\Delta P$  на ПР в соответствии с формулой:

$$\Delta P = \frac{G^2 \cdot r}{2 \cdot (\alpha \cdot S)^2}$$

где  $\Delta P$  - перепад давления, кПа;  $G$  - заданное значение объемного расхода, м<sup>3</sup>/с;  
 $r$  - плотность измеряемой среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  - коэффициент расхода;  
 $S$  - проходное сечение, м<sup>2</sup>.

Рекомендуемые точки проверки погрешности комплекта ПТ, входящих в состав ИБ приведены в таблице 4а. В таблице 4б приведены значения  $t_1$ ,  $t_2$  и  $\Delta t$  после подстановки численных значений  $\Delta t_{\min} = 1^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t_{\max} = 150^\circ\text{C}$ ,  $t_{\min} = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_{\max} = 150^\circ\text{C}$ .

Таблица 4а

№ точки	Dt, °C	t <sub>2</sub> , °C	t <sub>1</sub> =t <sub>2</sub> +Dt, °C
1	$\Delta t_{\min}$	$t_{\min}+10$	$t_{\min}+10+\Delta t_{\min}$
2	$\Delta t_{\min}$	$0,5t_{\min}+40$	$\Delta t_{\min}+0,5t_{\min}+40$
3	10	80	90
4	10	$t_{\max}-10$	$t_{\max}$
5	$0,5(\Delta t_{\max}+\Delta t_{\min})$	$t_{\max}-0,5(\Delta t_{\max}+\Delta t_{\min})$	$t_{\max}$
6	$0,5(\Delta t_{\max}+\Delta t_{\min})$	$0,5(t_{\max}-t_{\min})+0,25(\Delta t_{\max}+\Delta t_{\min})$	$0,5(t_{\max}-t_{\min})+0,75(\Delta t_{\max}+\Delta t_{\min})$
7	$\Delta t_{\max}$	$t_{\max}-\Delta t_{\max}$	$t_{\max}$
8	20	70	90

Таблица 4б

№ точки	Dt, °C	t <sub>2</sub> , °C	t <sub>1</sub> =t <sub>2</sub> +Dt, °C
1	2	10	12
2	2	40	42
3	10	80	90
4	10	140	150
5	76	74	150
6	76	113	189
7	150	0	150
8	20	70	90

### 5.5.3. Измерения и вычисления.

5.5.3.1. Определение основной относительной погрешности теплосчетчика при измерениях **объема, массы, объемного и массового расхода** теплоносителя, основными измерительными каналами расхода (КР).

- а) Подготовить преобразователь расхода поверяемого КР к измерениям согласно п. 5.5.1. Перед началом измерений установить расход воды через градуируемые (поверяемые) приборы на уровне 30-100% максимального значения для установленных приборов и выдержать не менее 15 минут.
- б) Установить значение расхода  $G_{\text{э}}$  и температуры  $t_1$ , и соответствующие первой поверочной точке (см п. 5.5.2). В случае поверки КР с ПР типа ПРП подать на вход КД ток, соответствующий значению давления  $P_1$ . При поверке КР с ПР типа ПРЭ или ПРБ-п  $P_1$  задать численно равным по методике изложенной в РЭ (При использовании программы поверки для РС, поставляемой фирмой “ТБН Энергосервис”  $P_1$  задается автоматически).
- в) Измерить для каждого КР средние за время сеанса измерений  $T_{\text{сэ}}$  значения объемного ( $G_{\text{ви}}$ ) и массового ( $G_{\text{ми}}$ ) расхода, а также накопленные за время сеанса измерений  $T_{\text{сэ}}$  значения объема  $V_{\text{и}}$  и массы  $M_{\text{и}}$ . Время  $T_{\text{сэ}}$  должно быть не менее указанного в п. 5.5.2. Методика измерений  $G_{\text{ви}}$ ,  $G_{\text{ми}}$ ,  $V_{\text{и}}$  и  $M_{\text{и}}$  приведена в РЭ.
- д) Определить основную относительную погрешность теплосчетчика при измерении объемного расхода по формуле:

$$d_{G_{\text{в}}} = \frac{G_{\text{ви}} - G_{\text{вэ}}}{G_{\text{вэ}}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где:  $G_{\text{ви}}$  и  $G_{\text{вэ}}$  - соответственно, показания теплосчетчика и эталонного средства измерения;

При использовании объемных эталонных расходомерных установок объемный расход  $G_{\text{вэ}}$  вычислить по формуле:

$$G_{\text{вэ}} = \frac{V_{\text{э}}}{t_{\text{э}}} \cdot 3600 \text{ [м}^3\text{/ч]} , \quad (2)$$

где:  $t_{\text{э}}$ - время заполнения мерного объема  $V_{\text{э}}$ ;

Погрешность теплосчетчиков с преобразователями расхода пара определять с использованием эталонной установки колокольного типа. Объем воздуха  $V_{\text{э}}$  определять по формуле:

$$V_{\text{э}} = V_{\text{к}} \cdot \frac{P_{\text{б}} + P_{\text{к}}}{P_{\text{б}} + P_{\text{р}}} \cdot \frac{T_{\text{р}} + 273.15}{T_{\text{к}} + 273.15} , \quad (3)$$

где  $V_{\text{к}}$  - контрольный объем колокола, м<sup>3</sup>;

$P_{\text{б}}$  - барометрическое давления, кПа;

$P_{\text{к}}$  - давление под колоколом, кПа;

$P_{\text{р}} = P_{\text{пр}} - 0.95 \cdot \Delta P$  - давление в рабочей камере преобразователя расхода (ПР), кПа;

$P_{\text{пр}}$  - давление в линии на входе ПР, кПа;

$\Delta P$  - перепад давления на ПР, кПа;

$T_{\text{р}}$  - температура в рабочей камере ПР (может быть измерена на выходе ПР), °С;

$T_{\text{к}}$  - температура под колоколом, °С.

- е) Определить основную относительную погрешность теплосчетчика при измерении объема по формуле:

$$d_v = \frac{V_{и} - V_{э}}{V_{э}} \cdot 100\% , \quad (4)$$

где  $V_{и}$  - показания теплосчетчика,  $m^3$ , при измерении объема;  
 $V_{э}$  - объем,  $m^3$ , измеренный эталонной установкой.

- ф) Определить основную относительную погрешность теплосчетчика при измерении массового расхода по формуле:

$$d_{Gm} = \frac{G_{ми} - G_{мэ}}{G_{мэ}} \cdot 100\% , \quad (5)$$

где:  $G_{ми}$  и  $G_{мэ}$  - соответственно, показания теплосчетчика и эталонного средства измерения;

При использовании объемных эталонных расходомерных установок массовый расход  $G_{мэ}$  вычислить по формуле:

$$G_{мэ} = r \cdot \frac{V_{э}}{t_{э}} \cdot 3600 \text{ [т/ч]}, \quad (6)$$

где:  $t_{э}$  [сек] - время заполнения мерного объема  $V_{э}$  [ $m^3$ ],  
 $r$  [т/ $m^3$ ] - табличное значение плотности воды (пара) при температуре  $t_1$  (см п. 5.5.2) и абсолютном давлении  $P_1$ . Табличные значения  $r$  в поверочных точках приведены в Приложении 2.

- г) Определить основную относительную погрешность теплосчетчика при измерении массы по формуле:

$$d_M = \frac{M_{и} - M_{э}}{M_{э}} \cdot 100\% , \quad (7)$$

где:  $M_{и}$  - показания теплосчетчика, т, при измерении массы;  
 $M_{э} = V_{э} \cdot r$ .

- h) Повторить измерения по п.п. а), b), c), d), e), f) и г) не менее 3 раз.  
 и) Повторить п.п. а), b), c), d), e), f) , г) и h) во второй и третьей поверочной точке (см п. 5.5.2).  
 j) Повторить п.п. а), b), c), d), e), f) , г), h) и и) для остальных каналов расхода. Если в КР теплосчетчика применяются однотипные ПР, допускается проводить поверку нескольких измерительных каналов расхода за один сеанс измерений.

Результаты поверки считаются положительными, если  $\delta_v$  и  $\delta_{Gv}$  не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности поверяемого КР при измерении объема  $\delta_{КРv}$ , а  $\delta_M$  и  $\delta_{Gm}$  не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности поверяемого КР при измерении массы  $\delta_{КРm}$ . Значения  $\delta_{КРv}$  и  $\delta_{КРm}$  в зависимости от типа ПР в составе поверяемого КР приведены ниже:

§ для КР с использованием электромагнитных полнопроходных преобразователей расхода типа ПРЭ  $\delta_{КРv} = \delta_{КРm}$ . В зависимости от класса точности ПР  $\delta_{КРv}$  ( $\delta_{КРm}$ ) равны, %:

**класс А1:**  $\pm 1$  при  $1 \leq G_{max}/G \leq 1000$  (8а)

**класс В1:**  $\pm(1 + 0.01 \cdot G_{max}/G)$ , но не более 2 при  $1 \leq G_{max}/G \leq 1000$  (8б)

**класс С1:**  $\pm(1 + 0.01 \cdot G_{max}/G)$ , но не более 5 при  $1 \leq G_{max}/G \leq 1000$  (8в)

**класс D1:**  $\pm(1 + 0.01 \cdot G_{max}/G)$  при  $1 \leq G_{max}/G \leq 400$  (8г)

**класс С2:**  $\pm(2 + 0.02 \cdot G_{max}/G)$ , но не более 5 при  $1 \leq G_{max}/G \leq 1000$  (8д)

**класс D2:**  $\pm(2 + 0.02 \cdot G_{max}/G)$  при  $1 \leq G_{max}/G \leq 150$  (8е)

§ для КР с использованием электромагнитных погружных ПР типа **ПРБ-п**  $\delta_{КРV}$  и  $\delta_{КРМ}$  приведены в таблице 5.

Таблица 5

Поддиапазон измерения объемного расхода $G_{max}/G$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении объема и объемного расхода $\delta V$ , массы и массового расхода $\delta M$ , %		
	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>B3</b>
$50 \leq G_{max}/G < 100$	$\pm 3.0$	$\pm 3.0$	-
$1 \leq G_{max}/G < 50$	$\pm 2.0$	$\pm 3.0$	$\pm 3.0$

§ для КР с использованием ПР типа **ПРП**  $\delta_{КРV}$  приведены в таблице 6 (значения  $G_{max}$  и  $G_{min}$  приводятся в паспорте и в РЭ поверяемого теплосчетчика):

Таблица 6

Поддиапазон измерения объемного расхода $G$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении объема и объемного расхода $\delta v$ , %				
	для жидких сред		Для пара и газов		
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
$G_{min} \leq G < G_{max}$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 1.5$	$\pm 2$	$\pm 3$

для перегретого пара:  $\delta_{КРМ} = \pm (|\delta_{КРV}| + |\delta_{КРt}| + |\delta_{КРp}|)$  (9а)

для насыщенного пара:  $\delta_{КРМ} = \pm (|\delta_{КРV}| + |\delta_{КРt}|)$  (9б)

для воды:  $\delta_{КРМ} = \delta_{КРV}$  (9в)

где  $\delta_{КРt}$ ,  $\delta_{КРp}$ , – пределы допускаемой основной относительной погрешности каналов температуры и давления, используемых при измерении массы и массового расхода в поверяемом КР, %.

$\delta_{КРt} = 0.2$ ;  $\delta_{КРp} = \gamma_{д.д.} \cdot A_p / P_1 + 0.5$ , где  $\gamma_{д.д.}$  и  $A_p$  - приведенная погрешность и диапазон измерения датчика давления,  $P_1$ - значение давления пара в поверочной точке.

5.5.3.2. Определение основной абсолютной погрешности теплосчетчика при измерении температуры и разности температур теплоносителя без учета погрешности термопреобразователей.

- Подключить к входам  $t_1$  и  $t_2$  измерительного канала количества теплоты (ККТ) магазины сопротивлений или имитаторы термопреобразователей;
- Установить значения температур  $t_1$  и  $t_2$ , соответствующие первой поверочной точке (см п. 5.5.2).
- Измерить средние за время сеанса измерений  $T_{ss}$  значения температур  $t_{1и}$  и  $t_{2и}$ . Время  $T_{ss}$  должно быть не менее указанного в п. 5.5.2. Методика измерений  $t_{1и}$  и  $t_{2и}$  приведена в РЭ.
- Определить основную абсолютную погрешность теплосчетчика при измерении температуры теплоносителя по формулам:

$$\Delta_{t1} = t_{1и} - t_{1э}, \quad (12a)$$

$$\Delta_{t_2} = t_{2И} - t_{2Э}, \quad (126)$$

где  $t_{1И}$ ,  $t_{2И}$  - показания теплосчетчика, °С, при измерении температуры теплоносителя;

$t_{1Э}$ ,  $t_{2Э}$  – эталонные значения температуры, °С

- е) Определить основную абсолютную погрешность теплосчетчика при измерении разности температур теплоносителя по формуле:

$$\Delta_{(t_1-t_2)} = \Delta_{\Delta t} = (t_{1И} - t_{2И}) - (t_{1Э} - t_{2Э}), \quad (13)$$

- ф) Повторить измерения по п.п. а), б), с), d) и е) не менее 3 раз.  
 г) Повторить п.п. а), б), с), d), е), f) и г) во второй и третьей поверочной точке (см п. 5.5.2).  
 h) Повторить п.п. а), б), с), d), е), f) , г) и h) для остальных ККТ. Допускается одновременно проводить поверку нескольких измерительных каналов  $t_1$  и  $t_2$ , соответствующих разным ККТ.

Теплосчетчики считаются выдержавшими испытание, если во всех точках поверки абсолютная погрешность при измерении температуры теплоносителя без учета погрешности ПТ не превышает  $\pm (0.2 + 0.0005 \cdot t)$ , °С и если абсолютная погрешность теплосчетчика при измерении разности температур без учета погрешности ПТ не превышает  $\pm (0.04 + 0.0005 \cdot \Delta t)$ , °С.

### 5.5.3.3. Определение относительной погрешности основных измерительных каналов количества теплоты (ККТ).

Поверку основных ККТ допускается выполнять двумя способами: в соответствии с пунктом 5.5.3.3.1, или по пункту 5.5.3.3.2.

#### 5.5.3.3.1 Поверка относительной вычислительной погрешности основных измерительных каналов количества теплоты.

- а) Задать численно значения расхода  $G_1$ , температуры и абсолютного давления теплоносителя в подающем ( $t_1$ ,  $P_1$ ) и в обратном ( $t_2$ ,  $P_2$ ) трубопроводах поверяемого ККТ по методике, приведенной в РЭ. При задании  $G_1$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  их численные значения выбрать из условия, чтобы расчетное значение тепловой мощности (формула 15) было не менее 0.2 Гкал/ч;  
 б) Определить относительную вычислительную погрешность основных измерительных каналов количества теплоты по формуле:

$$dW_{\text{ККТвыч}} = \frac{W_{\text{инд}} - W_{\text{расч}}}{W_{\text{расч}}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где:  $W_{\text{инд}}$  - показания теплосчетчика по тепловой мощности, Гкал/ч;  
 $W_{\text{расч}}$  - расчетное значение тепловой мощности, Гкал/ч.

Расчетное значение тепловой мощности определить по формуле:

$$W_{\text{расч}} = 0.001 \cdot G_1 \cdot (h_1 - h_2), \quad (15)$$

где  $G_1$  [т/ч] – численно заданное значение массового расхода;

$h_1$ ,  $h_2$  - табличные значения энтальпии воды в [ккал/кг] соответственно в подающем  $h_1 = h(t_1, P_1)$  и в обратном  $h_2 = h(t_2, P_2)$  трубопроводах.

- с) Повторить п.п. а) и б) для остальных ККТ. Допускается одновременно проводить поверку нескольких измерительных каналов количества теплоты.

Результаты поверки считаются положительными, если относительная вычислительная погрешность основных измерительных каналов количества теплоты не превышает 0.1 %.

#### 5.5.3.3.2 Определение основной относительной погрешности основных измерительных каналов количества теплоты проливным методом.

- Подключить к входам  $t_1$  и  $t_2$  измерительного канала количества теплоты (ККТ) магазины сопротивлений или имитаторы термопреобразователей и подготовить преобразователь расхода поверяемого ККТ к измерениям согласно п. 5.5.1;
- Установить значения расхода  $G$  и температур  $t_1, t_2$ , соответствующие первой поверочной точке (см п. 5.5.2).
- Измерить количество теплоты  $Q_{и}$ , накопленное за время сеанса измерений  $T_{ss}$  в поверяемом измерительном канале количества теплоты. Время  $T_{ss}$  должно быть не менее указанного в п. 5.5.2. Методика измерений  $Q_{и}$  приведена в РЭ.
- Определить основную относительную погрешность измерительного канала количества теплоты по формуле:

$$dQ_{\text{ККТ}} = \frac{Q_{и} - Q_{\text{расч}}}{Q_{\text{расч}}} \cdot 100\% , \quad (16)$$

где:  $Q_{и}$ - измеренное значение количества теплоты, ккал;  
 $Q_{\text{расч}}$ - расчетное значение количества теплоты, ккал.

Расчетное значение количества теплоты определить по формуле:

$$Q_{\text{расч}} = V_{\text{э}} \cdot r \cdot (h_1 - h_2), \quad (17)$$

где  $V_{\text{э}}[\text{м}^3]$  - эталонное значение объема,  $r$  [кг/м<sup>3</sup>]- табличное значение плотности воды при температуре  $t_1$  и абсолютном давлении 11 кгс/см<sup>2</sup> (или относительном 10 кгс/см<sup>2</sup>);  $h_1, h_2$  - табличные значения энтальпии воды в [ккал/кг] соответственно при температуре  $t_1, t_2$  и абсолютном давлении 11 кгс/см<sup>2</sup>.

- Повторить измерения по п.п. а), б), с) и d) не менее 3 раз.
- Повторить п.п. а), б), с), d) и е) во второй и третьей поверочной точке (см п. 5.5.2).
- Повторить п.п. а), б), с), d), е) и f) для остальных ККТ. Допускается одновременно проводить поверку нескольких измерительных каналов количества теплоты.

Результаты поверки считаются положительными, если основная относительная погрешность измерительного канала количества теплоты без учета погрешности комплекта ПТ не превышает значений, %:

§ Для ККТ с ПР типа ПРЭ, ПРБ-н:

$$\delta Q_{\text{КМ-5}} = \pm (|\delta_{\text{КРМ}}| + (0.05 + 4/\Delta t) + |\delta W_{\text{ККТвыч}}|) \quad (18a)$$

где  $\delta_{\text{КРМ}}$  - пределы допускаемой относительной погрешности КР при измерении массы теплоносителя,  $\Delta t$  [°C] – значение разности температур в подающем и обратном трубопроводах.

§ Для ККТ с ПР типа ПРП:

для перегретого пара:

$$\delta Q_{\text{КМ-5}} = \pm (|\delta_{\text{КРМ}}| + K_t \cdot |\delta_{\text{КРт}}| + K_p \cdot |\delta_{\text{КРр}}| + |\delta W_{\text{ККТвыч}}|) \quad (18б)$$

$$\text{для насыщенного пара: } \delta Q_{\text{КМ-5}} = \pm (|\delta_{\text{КРМ}}| + K_t \cdot |\delta_{\text{КРт}}| + |\delta W_{\text{ККТвыч}}|) \quad (18в)$$

где  $\delta_{\text{КРМ}}$ ,  $\delta_{\text{КРт}}$  и  $\delta_{\text{КРр}}$  - пределы допускаемой относительной погрешности КР (при измерении массы), КТ и КД в составе поверяемого ККТ.  $\delta_{\text{КРт}} = 0.2$ ;  $\delta_{\text{КРр}} = \gamma_{\text{д.д}} \cdot A_p / P_1 + 0.5$ , где  $\gamma_{\text{д.д}}$  и  $A_p$  - приведенная погрешность и диапазон измерения датчика давления,  $P_1$  - значение давления пара в поверочной точке.  $K_t$ ,  $K_p$  - коэффициенты, учитывающие влияние температуры и давления пара на энтальпию пара (приведены в Приложении 2).

5.5.3.4. Определение относительной погрешности основных информационно-вычислительных каналов количества теплоты (ИВКТ).

- Задать численно значения расхода, температуры и абсолютного давления теплоносителя в подающем ( $G_1, t_1, P_1$ ), обратном ( $G_2, t_2, P_2$ ), подпиточном ( $G_{\text{подп}}, t_{\text{хв}}, P_{\text{хв}}$ ) и/или других трубопроводах ( $G_i, t_i, P_i$ ), значения параметров теплоносителя которые необходимы для расчета количества теплоты по алгоритму поверяемого ИВКТ. Численные значения задавать по методике, приведенной в РЭ. При задавании численных значений расхода (расходов), температур и давлений необходимо выполнить условие, чтобы расчетное значение тепловой мощности  $W_{\text{расч}}$  было не менее 0.2 Гкал/ч;
- Определить относительную вычислительную погрешность основных информационно-вычислительных каналов количества теплоты по формуле:

$$dW_{\text{ККТвыч}} = \frac{W_{\text{инд}} - W_{\text{расч}}}{W_{\text{расч}}} \cdot 100\% , \quad (19)$$

где:  $W_{\text{инд}}$  - показания теплосчетчика по тепловой мощности, Гкал/ч;

$W_{\text{расч}}$  - расчетное значение тепловой мощности, Гкал/ч.

- Повторить п.п. а) и б) для остальных ИВКТ. Допускается одновременно проводить поверку нескольких информационно-вычислительных каналов количества теплоты.

Результаты поверки считаются положительными, если относительная вычислительная погрешность основных информационно-вычислительных каналов количества теплоты не превышает 0.1 %.

5.5.3.5. Определение вычислительной погрешности дополнительных измерительных каналов количества теплоты.

- Задать численно значения температуры и абсолютного давления теплоносителя в подающем ( $t_1, P_1$ ) и в обратном ( $t_2, P_2$ ) трубопроводах поверяемого ККТ по методике, приведенной в РЭ;
- Считать с индикатора теплосчетчика или при помощи ПК начальное значение количества теплоты  $Q_n$  по поверяемому ККТ и запомнить его;
- Импульсный вход поверяемого ККТ, генератор прямоугольных импульсов и частотомер соединить таким образом, чтобы импульсы с генератора поступали на импульсный вход ККТ и счетный вход частотомера.

Исходно частотомер обнулить. По разрешающему сигналу (синхроимпульсу) подать заданное количество импульсов  $N_i$  (за время  $T_{ss}$ ) с генератора на входы ККТ и частотомера. Величины  $N_i$  и  $T_{ss}$ [сек]



выбрать из условия: приращение  $Q_n$  должно быть не менее 1 Гкал и расход по поверяемому каналу не должен превышать соответствующий верхний предел:

$$N_i \cdot K_{вх} \cdot 3600 / T_{ss} < G_{max} [м^3/ч]$$

Где  $K_{вх}$  – вес импульса ПР поверяемого ККТ, м<sup>3</sup>/имп,

$G_{max}$  – наибольшее значение расхода поверяемого ККТ, м<sup>3</sup>/ч.

- d) Считать с индикатора теплосчетчика или при помощи ПК конечное значение количества теплоты  $Q_k$  по поверяемому ККТ и вычислить приращение  $Q_n = Q_k - Q_n$ ;
- e) Определить относительную вычислительную погрешность дополнительных измерительных каналов количества теплоты по формуле:

$$dQ_{ДККТ_{выч}} = \frac{Q_i - Q_{расч}}{Q_{расч}} \cdot 100\% , \quad (20)$$

где:  $Q_i$ - показания теплосчетчика, ккал/ч;

$Q_{расч}$ - расчетное значение количества теплоты, ккал/ч.

Расчетное значение количества теплоты определить по формуле:

$$Q_{расч} = K_{вх} \cdot N_i \cdot r \cdot (h_1 - h_2), \quad (21)$$

где  $r$  [кг/м<sup>3</sup>]- табличное значение плотности воды в подающем трубопроводе:  $r = r(t_1, P_1)$ ;  $h_1, h_2$  - табличные значения энтальпии воды в [ккал/кг] соответственно в подающем  $h_1 = h(t_1, P_1)$  и в обратном  $h_2 = h(t_2, P_2)$  трубопроводах.

- f) Повторить п.п. а), b), c), d) и e) для остальных дополнительных ККТ. Допускается одновременно проводить поверку нескольких дополнительных ККТ.

Результаты поверки считаются положительными, если относительная вычислительная погрешность дополнительных измерительных каналов количества теплоты не превышает 0.1 %.

#### 5.5.3.6. Определение основной относительной погрешности теплосчетчика при измерении давления без учета погрешности преобразователя давления (ПД).

Данный пункт выполняется только при поверке КМ-5, укомплектованных преобразователями давления.

- a) Подключить к входу поверяемого измерительного канала давления (КД) калибратор тока (см. Приложение 1);
- b) Подать на вход поверяемого КД ток, соответствующий значению давления  $0.25 \cdot P_{max}$ , где  $P_{max}$  – верхний предел преобразователя давления, используемого в данном КД;
- c) Считать с индикатора теплосчетчика или с помощью ПК показания при измерении давления поверяемым КД;
- d) Определить основную относительную погрешность теплосчетчика при измерении давления без учета погрешности ПД по формуле:

$$dP = \frac{P_i - P_з}{P_з} \cdot 100\% , \quad (22)$$

где  $P_i$  - показания теплосчетчика, МПа, при измерении давления;

$P_з$  – заданное в пункте а) значение давления, МПа.

- е) Повторить пункты b), c) и d) во второй ( $P_3=0.5 \cdot P_{\max}$ ) и в третьей ( $P_3=0.9 \cdot P_{\max}$ ) поверочных точках;
- ф) Повторить пункты b), c), d) и e) для остальных КД.

Результаты поверки считаются положительными, если основная относительная погрешность теплосчетчика при измерении давления без учета погрешности ПД не превышает  $\pm 0.5\%$  в диапазоне  $1 \leq P_{\max} / P \leq 100$ , где  $P_{\max}$  и  $P$  – верхний предел датчика давления и текущее значение измеряемого давления.

#### 5.5.3.7. Определение основной погрешности теплосчетчиков при преобразовании измерительной информации в токовый или частотный сигнал.

Данный пункт выполняется только при поверке КМ-5, снабженных токовым частотным, или импульсным выходом.

- а) Подготовить КМ-5 к измерениям по п. 5.5.1;
- б) Собрать электрическую схему подключения измерительных приборов при поверке токового (частотного, импульсного) выхода КМ-5 (см. Приложение 1)
- с) Задать численно значение измеряемого параметра  $X_3$ , соответствующее первой поверочной точке  $X_3 = 0.2 \cdot X_{\max}$  (например, если выходной сигнал пропорционален расходу, задать значение расхода  $G_3$ ). Значение  $X_3$  задавать по методике, приведенной в РЭ
- д) Измерить параметры выходного сигнала по методике, приведенной в РЭ
- е) Определить основную погрешность теплосчетчиков при преобразовании измерительной информации в токовый, частотный или импульсный сигнал по следующим формулам.

Основную приведенную погрешность теплосчетчика при преобразовании измеряемого параметра в выходной электрический **токовый сигнал** определять по формуле:

$$g_{I_{\text{вых}}} = \frac{I_{\text{вых}} - I(X_3)}{I(X_{\max}) - I_0} \cdot 100\%, \quad (23)$$

где  $I_{\text{вых}}$  – измеренное значение тока, на токовом выходе теплосчетчика, мА;

$I(X_{\max})$  – ток, соответствующий максимальному значению измеряемого параметра, мА;

$I(X_3)$  – ток, соответствующий установленному значению измеряемого параметра, мА:  $I(X_3) = I_0 + K_t \cdot X_3$ ,

$I_0$  – ток, соответствующий нулевому значению измеряемого параметра, мА;

$K_t$ , мА/(ед. изм.) - коэффициент пересчета значения измеряемого параметра в выходной токовый сигнал.  $K_t$  задается и модифицируется в пункте меню «**Параметры прибора**», ед. изм – единица измерения измеряемого параметра. Например, если выходной сигнал пропорционален расходу ед. изм = м<sup>3</sup>/ч.

Основную приведенную погрешность теплосчетчика при преобразовании измеряемого параметра в выходной электрический частотный сигнал определять по формуле:

$$gF_{\text{ВЫХ}} = \frac{F_{\text{ВЫХ}} - F(X_3)}{F(X_{\text{max}}) - F_0} \cdot 100\%, \quad (24)$$

где  $F_{\text{ВЫХ}}$  – измеренное значение частоты на частотном выходе теплосчетчика, Гц;

$F(X_{\text{max}})$  - частота, Гц, соответствующая максимальному значению измеряемого параметра;

$F(X_3)$  - частота, Гц, соответствующая установленному значению измеряемого параметра;

$F_0$  - частота, Гц, соответствующая нулевому значению измеряемого параметра, Гц:  $F(X_3) = K_{\text{ч}} \cdot X_3$ ,

$K_{\text{ч}}$ , Гц/(ед. изм.) - коэффициент пересчета измеряемого параметра в выходной частотный сигнал,

ед. изм. – единица измерения измеряемого параметра.

$K_{\text{ч}}$  задается и модифицируется в пункте меню «**Параметры прибора**».

- f) Повторить пункты с), d) и e) во второй ( $X_3 = 0.5 \cdot X_{\text{max}}$ ) и в третьей ( $X_3 = 0.9 \cdot X_{\text{max}}$ ) поверочных точках.

Результаты поверки считаются положительными если у теплосчетчиков, снабженных токовым (частотным) выходом, приведенная погрешность при преобразовании измеряемого параметра в выходной электрический **ТОКОВЫЙ (частотный) сигнал** не превышает  $\pm 0.5\%$ .

Основную абсолютную погрешность теплосчетчика при преобразовании измеренного объемного (массового) расхода в выходной электрический **импульсный сигнал** определяют по формуле:

$$\Delta N_{\text{вых}_i} = N_{\text{вых}_i} - N_{\text{э}_i}, \quad (25)$$

где  $N_{\text{вых}_i}$  – измеренное число импульсов на выходе КМ-5;

$N_{\text{э}_i}$  – расчетное число импульсов на выходе КМ-5;

$$N_{\text{э}_i} = G_{\text{э}} \cdot T_{\text{ss}} / (3600 \cdot K_{\text{и}}),$$

где  $G_{\text{э}}$  – заданное значение эталонного расхода, м<sup>3</sup>/ч (т/ч);

$T_{\text{ss}}$  – время между командами «Старт» и «Стоп», с;

$K_{\text{и}}$  – вес импульса, м<sup>3</sup>/имп (т/имп).

Время сеанса измерений  $T_{\text{ss}}$  должно быть выбрано из условия, что при  $G_{\text{э}} = G_{\text{max}}$  (поверочная точка №3, см. Табл. 3) число импульсов на выходе КМ-5 должно быть не менее 1000 имп:  $T_{\text{ss}} = 1000 \cdot 3600 \cdot K_{\text{и}} / G_{\text{э}}$ .

Результаты поверки считаются положительными, если у теплосчетчиков, снабженных **импульсным выходом**, разница между измеренным и расчетным числом импульсов  $\Delta N_{\text{вых}_i}$  в каждой поверочной точке не превышает  $\pm 1$  импульс.

#### 5.5.3.8. Определение относительной погрешности при измерении времени наработки.

- Соединить вход «Старт/Стоп» КМ-5 и вход электронного секундомера (ЭС).
- Войти в режим «Поверка» (см. РЭ)
- Исходно секундомер обнулить. Подать сигнал «Старт» (напряжение +12В) на контакты "+SS" и "-SS" КМ-5 и вход ЭС. При этом КМ-5 и ЭС начнут отсчет времени.

- d) Через 1000 с подать сигнал «Стоп» (снять напряжение +12В с контактов "+SS" и "-SS" КМ-5 и входа ЭС). При этом КМ-5 и ЭС остановят отсчет времени.
- e) Считать показания КМ-5 ( $T_{ssi}$ , сек) и показания электронного секундомера ( $T_{ssэ}$ , сек).
- g) Определить основную относительную погрешность при измерении времени наработки по формуле:

$$dT = \frac{T_{ssi} - T_{ssэ}}{T_{ssэ}} \cdot 100\%, \quad (26)$$

Результаты поверки считаются положительными, если основная относительной погрешности при измерении времени наработки не превышает  $\pm 0.005\%$ .

#### 5.5.4. Определение погрешности комплекта термопреобразователей, входящих в состав ИБ.

##### 5.5.4.1. Определение сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции между выводами ПТ и защитной арматурой определить при двух направлениях приложенного испытательного напряжения 100В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 100МОм.

##### 5.5.4.2. Определение метрологических характеристик

Метрологические характеристики- отклонения индивидуальных статических характеристик (ИСХ) ПТ комплекта от соответствующей НСХ и значения погрешности комплекта при измерении разности температур определять, используя индивидуальные для каждого ПТ комплекта коэффициенты ИСХ.

##### 5.5.4.2.1. Определение сопротивлений ПТ комплекта в трех точках диапазона измерения температуры.

- a) Для каждого ПТ комплекта должны быть определены значения сопротивления при трех температурах диапазона измерений. Температуры должны выбираться согласно п. 5.5.2.
- b) При измерениях сопротивления ток через ПТ должен быть таким, чтобы рассеиваемая мощность не превышала 0,1 мВт, а ПТ были погружены в жидкостные ванны термостатов на глубину не менее  $1,2L_{\min}$ , где  $L_{\min}$  - минимальная глубина погружения.
- c) По трем полученным парам значений сопротивление-температура для каждого ПТ комплекта из системы трех линейных уравнений рассчитать значения коэффициентов ИСХ –  $R_0$ ,  $A$  и  $B$ :

$$R_t = R_0 \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2), \quad (27)$$

Здесь  $R_t$  - сопротивление ПТ (чувствительного элемента ПТ) при температуре  $t$ . Для четырехпроводных ПТ  $R_t = R_{и}$ , где  $R_{и}$  - значение сопротивления, полученное при измерении;

Решение системы уравнений приведено в Приложении 4.

##### 5.5.4.2.2. Определение отклонений ИСХ ПТ комплекта от НСХ.

Соответствие ПТ комплекта установленному пределу допускаемого отклонения от НСХ определять, рассчитывая отклонения ИСХ в температурном эквиваленте от номинальной статической характеристики по ГОСТ 6651-94 в начале, в середине и в конце температурного диапазона измерения.

Вычисленные отклонения не должны превышать значений установленных пределов.

#### 5.5.4.2.3 Определение значений погрешности комплекта ПТ при измерении разности температур

- а) Значения относительной погрешности комплекта ПТ при измерении разности температур определять по формуле:

$$d_{\Delta t} = \frac{(t_{u1} - t_{u2}) - (t_1 - t_2)}{t_1 - t_2}, \quad (28)$$

Индексы “u1” и “u2” относятся к “измеренным” значениям температур на подающем трубопроводе “1” и обратном трубопроводе “2”, “действительные” значения температур в которых соответственно  $t_1$  и  $t_2$ .

- б) Значения температур  $t_n$  определять по формуле:

$$t_u = \left( -A_n + \sqrt{A_n^2 + 4 \cdot R_t / R_{0n} - 1} \right) / 2 \cdot B_n \quad (29)$$

В формуле (29)  $R_{0n}$  - номинальное сопротивление ПТ при 0 °С,  $A_n$  и  $B_n$  - номинальные значения температурных коэффициентов сопротивления платинового ПТ по ГОСТ 6651-94 для градуировки соответствующего типа ( $W_{100}=1.385$  или  $W_{100}=1.391$ ).

Для ПТ с  $W_{100}=1.391$  :  $A_n=3.9692 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  ;  $B_n=-5.8290 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$  ;  
для ПТ с  $W_{100}=1.385$  :  $A_n=3.9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  ;  $B_n=-5.7750 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$ .

Сопротивление  $R_t$  для температуры  $t$  (“действительной” температуры в данной точке) рассчитывать для каждого ПТ по уравнению (27) с использованием коэффициентов ИСХ, определенных по п. а).

- с) Значения погрешности  $d_{\Delta t}$  вычислять для достаточного количества точек внутри области, определяемой диапазоном температур и диапазоном разности температур комплекта ПТ. При этом для температур  $t_2$  (обратного потока теплоносителя) выше 80°С учитывать только разности температур выше 10°С.

Схематическое изображение этой области приведено в Приложении 4.

Значения погрешности комплекта ПТ при измерении разности температур не должны превышать значений, указанных в таблице 5а при использовании КТПТР и в таблице 7б при применении КТСП-Р.

**Таблица 7а**

Класс внутри типа компл.	Предел допускаемой абсолютной погрешности комплекта ПТ $\Delta_{\Delta t}$ , °С	Предел допускаемой относительной погрешности комплекта ПТ $\delta_{\Delta t}$ , %
1	$\pm(0.05 + 0.001 \cdot \Delta t)$	$\pm(0.1 + 5/\Delta t)$
2	$\pm(0.1 + 0.002 \cdot \Delta t)$	$\pm(0.2 + 10/\Delta t)$

**Таблица 7б**

Класс внутри типа	Предел допускаемой абсолютной	Предел допускаемой относительной

компл.	погрешности комплекта ПТ $\Delta_{\Delta t}$ , °С	погрешности комплекта ПТ $\delta_{\Delta t}$ , %
1	$\pm(0.03 + 0.002 \cdot \Delta t)$	$\pm(0.2 + 3/\Delta t)$
2	$\pm(0.06 + 0.005 \cdot \Delta t)$	$\pm(0.5 + 6/\Delta t)$
3	$\pm(0.09 + 0.005 \cdot \Delta t)$	$\pm(0.5 + 9/\Delta t)$

## 6. Оформление результатов поверки.

Теплосчетчики, прошедшие поверку с положительными результатами допускаются к эксплуатации.

Результаты поверки теплосчетчиков необходимо занести в паспорт и протокол поверки, оформляемый по произвольной форме.

Пломба с оттиском поверительного клейма должна ставиться в местах, препятствующих доступу к регулирующим элементам теплосчетчика. Места пломбирования должны соответствовать требованиям технической документации.

При выпуске теплосчетчиков из производства или ремонта, а также при их периодической поверке в паспорте необходимо сделать запись о результатах поверки, и поставить подпись поверителя, производившего поверку с нанесением оттиска поверительного клейма.

При отрицательных результатах поверки теплосчетчик не допускать к применению.

В паспорте (или документе, его заменяющем) произвести запись о непригодности теплосчетчика, поверительное клеймо погасить, пломбу снять.

На теплосчетчик, не прошедший поверку, выдать извещение о непригодности и изъять из эксплуатации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ПОВЕРКЕ КМ-5.

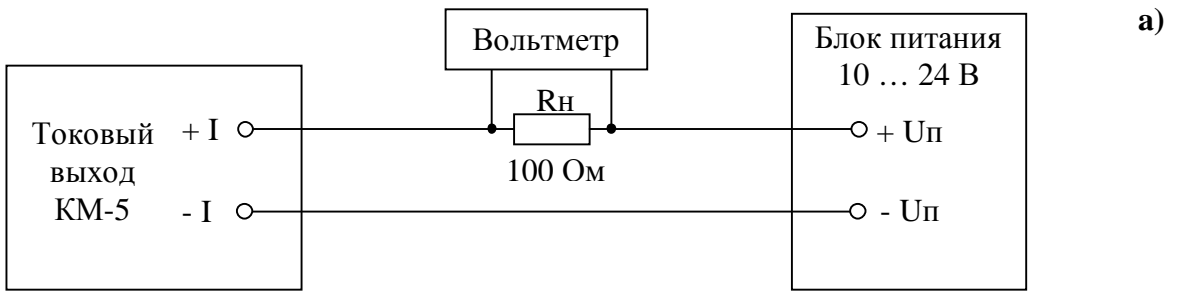


Рис. П1а. Электрическая схема подключения измерительных приборов при поверке токового выхода КМ-5.



Рис. П1б. Электрическая схема подключения измерительных приборов при поверке частотного выхода КМ-5.

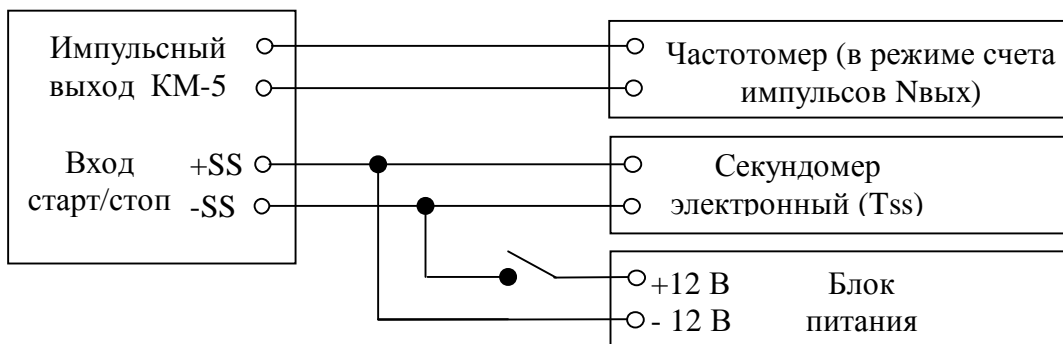


Рис. П1в. Электрическая схема подключения измерительных приборов при опробовании импульсного выхода КМ-5.

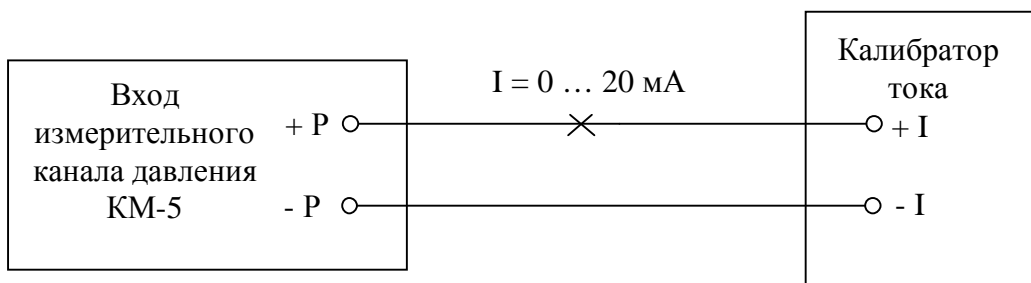


Рис. П1г. Электрическая схема подключения измерительных приборов при поверке измерительного канала давления КМ-5.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## ЗНАЧЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ЭНТАЛЬПИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПОВЕРОЧНЫХ ТОЧКАХ.

Теплоноситель	Температура	Абсолютное давление		Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Энтальпия	
	t, °С	Рабс, МПа	Рабс, кгс/см <sup>2</sup>		h, кДж/кг	h, ккал/кг
Вода	150	1.07873	11	917.39	632.458	151.06
Вода	40	1.07873	11	992.64	168.435	40.23
Перегретый пар	400	0.5	5.09858	1.61996	3272.3	781.576
Насыщенный пар	150	0.4761	4.85487	2.54777	2745.9	655.847

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ K<sub>t</sub> и K<sub>p</sub>.

Значения коэффициентов K<sub>t</sub> и K<sub>p</sub>, учитывающих влияние температуры и давления на энтальпию и плотность пара определяются градиентом функций ρ(t, P) и h(t, P) при заданных значениях температуры и давления:

$$K_t = t \left( \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot \frac{1}{\rho} + \frac{\partial h}{\partial t} \cdot \frac{1}{h} \right)$$

$$K_p = P \left( \frac{\partial \rho}{\partial P} \cdot \frac{1}{\rho} + \frac{\partial h}{\partial P} \cdot \frac{1}{h} \right)$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## ВЫБОР ЗНАЧЕНИЯ ВЕСА ИМПУЛЬСА ПРИ ОПРОБОВАНИИ ИМПУЛЬСНОГО ВЫХОДА КМ-5.

Для выбора значения веса импульса K<sub>и</sub> с учетом максимального значения расхода в трубопроводе, которому соответствует выходной импульсный сигнал, можно воспользоваться формулой:

$$K_{и}[\text{м}^3/\text{имп}] = G_{\text{max}}[\text{м}^3/\text{ч}]/(3600 \cdot N_{\text{max}}[\text{имп}/\text{сек}]) = G_{\text{max}}[\text{м}^3/\text{ч}]/360000$$

Где N<sub>max</sub> – максимальное число импульсов в секундном цикле выходного импульсного сигнала (в пачке импульсов), N<sub>max</sub> = 100.

G<sub>max</sub> - максимальное значение расхода.

Рекомендованные значения K<sub>и</sub> в зависимости от G<sub>max</sub> приведены в таблице.

G <sub>max</sub> , м <sup>3</sup> /ч	K <sub>и</sub> , [м <sup>3</sup> /имп]	K <sub>и</sub> , [л/имп]
2	0.0000056	0.0056
2.5	0.000007	0.007
16	0.000045	0.045
40	0.000112	0.112
60	0.000167	0.167
160	0.000445	0.445
250	0.000695	0.695
1000	0.002778	2.778
2500	0.006945	6.945

G <sub>max</sub> , м <sup>3</sup> /ч	K <sub>и</sub> , [м <sup>3</sup> /имп]	K <sub>и</sub> , [л/имп]
16000	0.04445	44.45
40000	0.1112	111.2
60000	0.1667	166.7
160000	0.4445	444.5
250000	0.6945	694.5
1000000	2.778	2778
1600000	4.445	4445
2500000	6.945	6945
4000000	11.112	11112



## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

## Решение системы трех линейных уравнений при определении коэффициентов ИСХ для ПТ комплекта.

Коэффициенты  $R(0)$ ,  $A$  и  $B$  рассчитываются по уравнениям:

$$R(0)=D_{R0}/D ; A=D_{RA}/D_{R0} ; B=D_{RB}/D_{R0},$$

где  $D$ ,  $D_R$ ,  $D_{RA}$ ,  $D_{RB}$  - определитель и соответствующие алгебраические дополнения системы трех уравнений для искомых коэффициентов

$$D = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 \\ 1 & t_2 & t_2^2 \\ 1 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (t_2 * t_3^2 - t_2^2 * t_3) - (t_1 * t_3^2 - t_1^2 * t_3) + (t_1 * t_2^2 - t_1^2 * t_2);$$

$$D_{R0} = \det \begin{vmatrix} R_1 & t_1 & t_1^2 \\ R_2 & t_2 & t_2^2 \\ R_3 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = R_1 * (t_2 * t_3^2 - t_2^2 * t_3) - R_2 * (t_1 * t_3^2 - t_1^2 * t_3) + R_3 * (t_1 * t_2^2 - t_1^2 * t_2);$$

$$D_{RA} = \det \begin{vmatrix} 1 & R_1 & t_1^2 \\ 1 & R_2 & t_2^2 \\ 1 & R_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (R_2 * t_3^2 - R_3 * t_2^2) - (R_1 * t_3^2 - R_3 * t_1^2) + (R_1 * t_2^2 - R_2 * t_1^2);$$

$$D_{RB} = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & R_1 \\ 1 & t_2 & R_2 \\ 1 & t_3 & R_3 \end{vmatrix} = (t_2 * R_3 - t_3 * R_2) - (t_1 * R_3 - t_3 * R_1) + (t_1 * R_2 - t_2 * R_1);$$

Подстрочные индексы 1, 2 и 3 относят величины к соответствующей точке поверки.

### Границы области контроля погрешности комплекта ПТ в координатах $(\Delta t - t_2)$ , $(\Delta t = t_1 - t_2)$

$t_1$  - температура в подающем трубопроводе системы теплоснабжения

$t_2$  - температура в обратном трубопроводе системы теплоснабжения.

