

**ТЕПЛОВЫЧИСЛИТЕЛИ СПТ961****(мод. 961.1, 961.2)****Методика поверки****РАЖГ.421412.025 ПМ2**

РАЗРАБОТАНА: ЗАО НПФ ЛОГИКА (г. Санкт-Петербург)

СОГЛАСОВАНА: ФГУП ГЦИ СИ ВНИИМС (г.Москва)

Лист утверждения РАЖГ.421412.025 ПМ2 – ЛУ

## Содержание

Введение.....	4
1 Операции поверки.....	4
2 Условия поверки.....	4
3 Средства поверки.....	4
4 Безопасность.....	5
5 Поверка.....	5
5.1 Внешний осмотр.....	5
5.2 Испытание электрической прочности изоляции.....	5
5.3 Измерение электрического сопротивления изоляции.....	6
5.4 Опробование.....	6
5.5 Проверка соответствия погрешности допускаемым пределам.....	6
5.6 Оформление результатов.....	9
Приложение 1 Функции преобразования и вычислительные формулы.....	10
Приложение 2 Поверочная база данных.....	17

## Введение

Настоящая методика распространяется на тепловычислители СПТ961 (мод. 961.1, 961.2; далее – приборы), изготавливаемые по ТУ 4217-055-23041473-2007.

Поверке подвергается каждый прибор при выпуске из производства, при эксплуатации и после ремонта. При эксплуатации поверку проводят с периодичностью один раз в четыре года.

К поверке допускаются приборы без установленной крышки монтажного отсека.

При необходимости проверки приборов с отличными от установленных в настоящей методике значениями входных сигналов, следует определить новые расчетные значения контролируемых параметров. Функции преобразования входных сигналов и вычислительные формулы приведены в приложении 1.

Настоящая методика ориентирована на автоматизированную поверку; поверитель должен обладать навыками работы на персональном компьютере.

## 1 Операции поверки

При поверке выполняют операции, перечень и последовательность проведения которых приведены в таблице 1.1 (знаком "+" отмечены позиции, по которым испытания проводят, знаком "-" – позиции, по которым испытания не проводят).

Таблица 1.1 – Операции поверки

Наименование	Пункт методики	При выпуске из производства и после ремонта	При эксплуатации
Внешний осмотр	5.1	+	+
Испытание электрической прочности изоляции	5.2	+	-
Измерение электрического сопротивления изоляции	5.3	+	+
Опробование	5.4	+	+
Проверка соответствия погрешности допускаемым пределам	5.5	+	+

## 2 Условия поверки

Испытания проводят при любых значениях факторов:

- температура окружающего воздуха – от 18 до 28 °С;
- относительная влажность – от 30 до 80 %;
- напряжение питания – 220 В ± 30 %.

## 3 Средства поверки

При поверке используются следующие средства измерений и оборудование:

- стенд СКС6 (РАЖГ.441461.021).....1 шт.;
- коннектор К164 (РАЖГ.685611.212, в комплекте СКС6) \_\_\_3 шт.
- коннектор К196 (РАЖГ.685611.245 ПС) .....1 шт.;
- коннектор К200 (РАЖГ.685611.249 ПС) .....1 шт.;
- коннектор К201 (РАЖГ.685611.250 ПС) .....1 шт.;
- коннектор К255 (РАЖГ.685611.304 ПС) .....1 шт.;
- коннектор К257 (РАЖГ.685611.306 ПС) .....2 шт.;
- коннектор К258 (РАЖГ.685611.307 ПС) .....1 шт.;
- заглушка Ф44 (РАЖГ.685611.128 ПС) .....1 шт.;
- заглушка Ф45 (РАЖГ.685611.129 ПС) .....1 шт.;
- заглушка Ф47 (РАЖГ.685611.131 ПС) .....1 шт.;
- заглушка Ф56 (РАЖГ.685611.140 ПС) .....1 шт.;
- заглушка Ф57 (РАЖГ.685611.141 ПС) .....1 шт.;
- заглушка Ф67 (РАЖГ.685611.151 ПС) .....1 шт.;

- компьютер (Win 98/XP, два свободных СОМ-порта)..... 1 шт.;
- адаптер АПС70 (РАЖГ.426477.031)..... 1 шт.;
- программа ТЕХНОЛОГ<sup>1</sup> (РАЖГ.00198-12)..... 1 шт.;
- мегаомметр М100/1<sup>2</sup> (0-500 МОм, 100 В, КТ 5,0)..... 1 шт.;
- установка для испытания электрической прочности изоляции УПУ-10М<sup>2</sup> (0-1,5 кВ)..... 1 шт.

## 4 Безопасность

При проведении поверки следует соблюдать "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей", "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" и требования ГОСТ 12.2.007.0-75.

## 5 Поверка

### 5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

- наличие паспорта;
- сохранность пломб изготовителя или его официального представителя;
- сохранность (читаемость) маркировки, нанесенной на лицевой панели и внутри монтажного отсека.

### 5.2 Испытание электрической прочности изоляции

Испытание проводят на установке мощностью не менее 0,1 кВ·А на стороне высокого напряжения, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 12997-84.

Соединяют между собой все контакты разъемов испытываемых цепей согласно таблице 5.1. Допускается применять технологические заглушки, в которых выполнены все указанные соединения.

Прикладывают испытательное напряжение поочередно к цепям согласно таблице 5.2. Напряжение следует повышать плавно, начиная с нуля, в течение времени не более 30 с. Изоляцию выдерживают под испытательным напряжением 1 мин, затем напряжение снижают до нуля. Во время проверки не должно наблюдаться пробоя или перекрытия изоляции. Появление коронного разряда или шума при испытании не является признаком неудовлетворительных результатов.

Таблица 5.1 – Состав испытываемых цепей

Наименование цепи	Обозначение разъема	Применяемая заглушка
Силовая	X1	Ф56
RS-232C	X2	Ф44
RS-485/1	X3	Ф57
RS-485/2	X4	Ф57
Входная	X7-10, X11-X22	Ф45
Сигнализация (вход)	X5	Ф57
Сигнализация (выход)	X6	Ф57

Таблица 5.2 – Режимы испытания электрической прочности изоляции

Испытуемые цепи	Испытательное напряжение [В]
Силовая – RS-485/1, RS-232C, RS-485/2, входные, сигнализация (вход), сигнализация (выход)	1500
RS-485/1 – RS-232C, RS-485/2, входная, сигнализация (вход), сигнализация (выход)	500
RS-232C – RS-485/2, входная, сигнализация (вход), сигнализация (выход)	500

<sup>1</sup> Содержится на компакт-диске, поставляемом с каждым тепловычислителем.

<sup>2</sup> Допускается использовать иное оборудование с характеристиками не хуже указанных.

RS-485/2 – входная, сигнализация (вход), сигнализация (выход)	500
Входная – сигнализация (вход), сигнализация (выход)	500
Сигнализация (вход) - сигнализация (выход)	500


### 5.3 Измерение электрического сопротивления изоляции

Выполняют те же, что в 5.2 соединения контактов разъемов испытываемых цепей.

Подключают мегаомметр поочередно между каждой парой цепей. Отсчет показаний проводят по истечении 1 мин после приложения напряжения к испытываемым цепям или меньшего времени при установившихся показаниях. Показания мегаомметра должны составлять не менее 200 МОм.

### 5.4 Опробование

5.4.1 Проверку проводят по схеме, приведенной на рисунке 5.1. Проверка осуществляется под управлением программы ТЕХНОЛОГ, в виде последовательности тестов, в процессе прохождения которых на мониторе компьютера отображаются ход выполнения операций, указания и сообщения для оператора.

Запускают на компьютере программу ТЕХНОЛОГ, и в ее настройках устанавливают профиль "СПТ961.1/2-поверка". Затем выбирают в панели инструментов программы команду "Выполнить выбранные тесты" (кнопка ) , в результате чего начинается выполнение тестов. Если очередной тест закончен успешно, следующий запускается автоматически; при отрицательном результате очередного теста проверка по оставшимся не проводится.

Для выполнения проверок в прибор должны быть введены настроечные параметры (поверочная база данных), которые автоматически, при запуске тестов, загружаются из его энергонезависимой памяти. Перечень используемых настроечных параметров приведен в приложении 2.

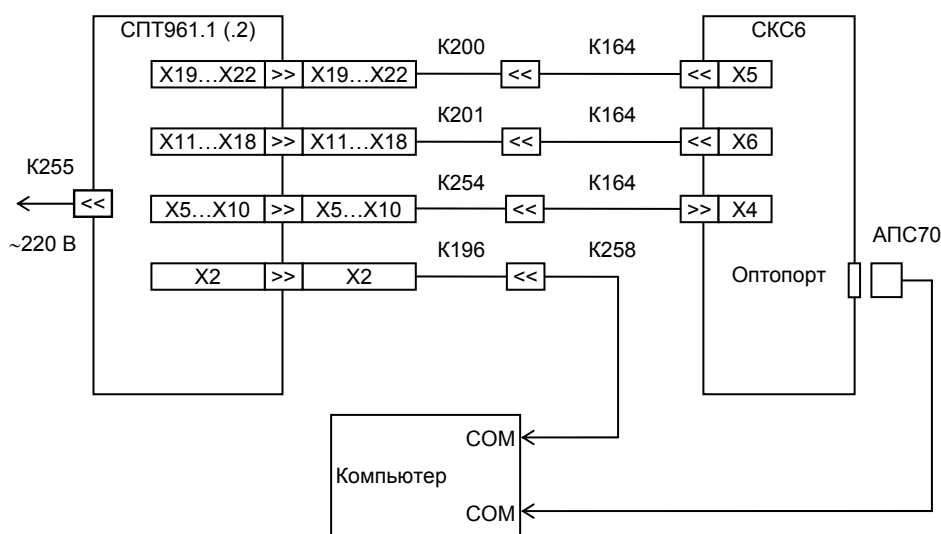


Рисунок 5.1 Схема проверки

5.4.2 При опробовании осуществляется проверка защиты данных от изменений, которая выполняется в тесте "Защита".

В ходе теста осуществляется попытка изменения параметра 008 при каждом положении переключателя защиты данных. Переключатель устанавливают вручную в верхнее или нижнее положение, руководствуясь указаниями на мониторе.

### 5.5 Проверка соответствия погрешности допускаемым пределам

5.5.1 Проверка соответствия допускаемым пределам погрешности измерения времени выполняется в тесте "Измерение времени".

В ходе теста контролируется значение периода выходного сигнала таймера на контакте X2:4,

которое должно лежать в диапазоне 2999,750...3000,250 мс (расчетное значение – 3000,000 мс).

5.5.2 Проверка соответствия допускаемым пределам погрешности измерений входных сигналов осуществляется в тестах "Прямые измерения (срез 1)", "Прямые измерения (срез 3)" и "Прямые измерения (срез 5)".

На стенде устанавливаются поочередно наборы значений сигналов согласно таблицам 5.3-5.5, и для каждого набора, не ранее чем через десять секунд после установки, контролируются измеренные значения параметров, перечисленных в этих таблицах, на соответствие допускаемым значениям, указанным там же.

Таблица 5.3 – Тест "Прямые измерения (срез 1)"

Значение сигналов на стенде	Параметр	Расчетное значение	Диапазон допускаемых показаний
R=79,7 Ом I0=0,025 мА I1=0,025 мА I2=0,025 мА I3=0,025 мА F0=0,610351 Гц F1=0,610351 Гц	Tт1, Tт7	155,57	155,42 ... 155,72
	ΔPт1, ΔPт7	0,25	0,2 ... 0,3
	Pт1, Pт7	0,08	0,064 ... 0,096
	Qот2, Qот8	50	40 ... 60
	Tт2, Tт8	1	0,8 ... 1,2
	Tхв	0,1	0,08 ... 0,12
	Qот3, Qот9	0,078126	0,078087 ... 0,078165
	gt4, gt10	0,048827	0,048803 ... 0,048851
	Qот5, Qот11	0,019531	0,019521 ... 0,019541
	gt06, gt12	0,048479	0,048455 ... 0,048503

Таблица 5.4 – Тест "Прямые измерения (срез 3)"

Значение сигналов на стенде	Параметр	Расчетное значение	Диапазон допускаемых показаний
R=125,8 Ом I0=5 мА I1=5 мА I2=5 мА I3=5 мА F0=19,53125 Гц F1=19,53125 Гц	Tт1, Tт7	413,11	412,96 ... 413,26
	Tт3, Tт9	65,64	65,54 ... 65,74
	Tт4, Tт10	65,64	65,54 ... 65,74
	Tт5, Tт11	65,64	65,54 ... 65,74
	Tт6, Tт12	60,31	60,21 ... 60,41
	ΔTп1	0	-0,03 ... 0,03
	ΔPт1, ΔPт7	50	49,95 ... 50,05
	Pт1, Pт7	16	15,984 ... 16,016
	Qот2, Qот8	10000	9990 ... 10010
	Tт2, Tт8	200	199,8 ... 200,2
	Pхв	0,01	0,00992 ... 0,01008
	Tхв	20	19,98 ... 20,02
	Tнв	-43,75	-43,80 ... -43,70
	Qот3, Qот9	2,5	2,4987 ... 2,5012
	gt4, gt10	1,5625	1,5617 ... 1,5632
	Qот5, Qот11	0,62499	0,62467 ... 0,62530
gt06, gt12	1,5513	1,5505 ... 1,5520	

Таблица 5.5 – Тест "Прямые измерения (срез 5)"

Значение сигналов на стенде	Параметр	Расчетное значение	Диапазон допускаемых показаний
R=232 Ом I0=20 мА I1=20 мА I2=20 мА I3=20 мА F0=312,5 Гц F1=312,5 Гц	Tт3, Tт9	350,61	350,51 ... 350,71
	Tт4, Tт10	350,61	350,51 ... 350,71
	Pхв	0,16	0,15992 ... 0,16008
	Tнв	50	49,95 ... 50,05
	Qот3, Qот9	40,001	39,981 ... 40,021
	gt4, gt10	25	24,987 ... 25,012
	Qот5, Qот11	10	9,995 ... 10,005
	gt06, gt12	24,821	24,808 ... 24,833

5.5.3 Проверка соответствия допускаемым пределам погрешности вычислений выполняется в

тесте "Вычисления".

На стенде устанавливаются значения  $R=673,3 \text{ Ом}$ ,  $\{I_0...I_2\}=10 \text{ мА}$ ,  $I_3=0,025 \text{ мА}$ ,  $\{F_1, F_2\}=1250 \text{ Гц}$ .

В приборе выполняется команда СБРОС, вводится время пуска 021=09-53-00 и выполняется команда ПУСК. Далее постоянно контролируется значение параметра 021, и после того как  $021 \geq 10-00-10$ , контролируются значения суточных архивных параметров, перечисленных в таблице 5.6, на соответствие допускаемым значениям, указанным там же.

Таблица 5.6 – Тест "Вычисления"

Параметр	Расчетное значение	Диапазон допускаемых показаний
Мт1, Мт7	2,4032	2,4028 ... 2,4037
Мт2, Мт8	2,5477	2,5472 ... 2,5482
Мт3, Мт9	3,9236	3,9228 ... 3,9244
Мт4, Мт10	2,9787	2,9781 ... 2,9793
Мт5, Мт11	2,8667	2,8661 ... 2,8672
Мт6, Мт12	2,4822	2,4817 ... 2,4826
Вт3, Вт9	4,0001	3,9993 ... 4,0009
Вт4, Вт10	3,0001	2,9995 ... 3,0007
Вт5, Вт11	2,9001	2,8995 ... 2,9006
Вт6, Вт12	2,5001	2,4996 ... 2,5006
ΔМп1	0,94491	0,94472 ... 0,94510
ΔМп2	0,38453	0,38446 ... 0,38460
ΔМп3	2,4822	2,4817 ... 2,4826
ΔМп4	0,94491	0,94472 ... 0,94510
ΔМп5	2,4822	2,4817 ... 2,4826
ΔМп6	4,9643	4,9633 ... 4,9653
Вт1, Вт7	7,1033	7,1019 ... 7,1047
Вт2, Вт8	6,9963	6,9949 ... 6,9976
Вт3, Вт9	1,0701	1,0698 ... 1,0703
Вт4, Вт10	0,50043	0,50033 ... 0,50053
Вт5, Вт11	0,60153	0,60141 ... 0,60164
Вт6, Вт12	0,15645	0,15642 ... 0,15647
ΔWп1	0,41088	0,41080 ... 0,41096
ΔWп2	0,1605	0,16047 ... 0,16053
ΔWп3	14,059	14,056 ... 14,062
ΔWп4	0,31193	0,31187 ... 0,31199
ΔWп5	14,059	14,056 ... 14,062
ΔWп6	30,229	30,226 ... 30,234

5.5.4 Соответствие допускаемым пределам погрешности вычисления тепловой энергии по результатам измерений входных сигналов обеспечивается проверкой соответствия допускаемым пределам погрешности измерений входных сигналов и погрешности вычислений. При выпуске из производства, после ремонта и при эксплуатации эту проверку не проводят; в других случаях, при необходимости, ее проводят по схеме, приведенной на рисунке 5.2 в следующем порядке.

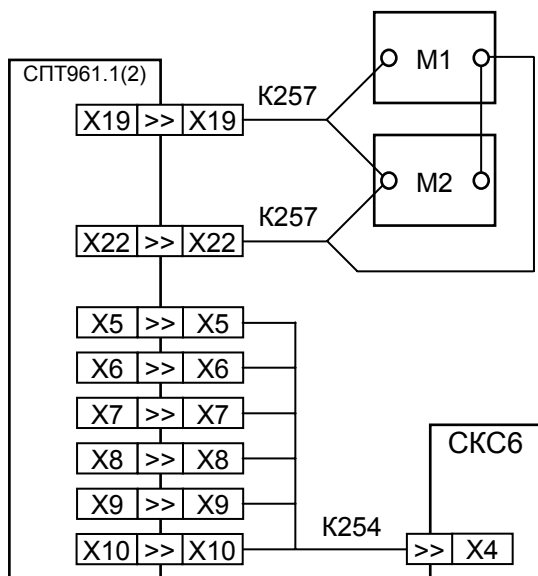
5.5.4.1 Устанавливают на стенде и на магазинах М1 и М2 первый набор сигналов согласно таблице 5.7. Вводят поверочную базу данных (Прибор → Тест → ПБД → ВВОД). Выполняют сброс тотальных счетчиков прибора (Прибор → Вычисл → Сброс), затем пуск счета. После появления на табло прибора сообщения "Технологический режим завершен" контролируют показания тепловой энергии ΔWп1 (параметр 361п1), которые должны лежать в допускаемом диапазоне согласно таблице 5.6. Установку сигналов на магазинах выполняют с учетом поправок, указанных в аттестате поверки магазина.

5.5.4.2 Выполняют операции по 5.5.4.1 для второго и третьего наборов сигналов.



Таблица 5.7 – Проверка погрешности вычислений тепловой энергии

Набор сигналов		Расчетное значение				Диапазон допускаемых показаний [ГДж/ч]
№	Значение	G [т/ч]	Tт03 [°C]	Tт04 [°C]	$\Delta W_{п1}$	
1	F0=312,5 Гц M1=1,26 Ом M2=120,4 Ом	39,445	55,01	51,79	0,5396	0,5319 ... 0,5473
2	F0=78,125 Гц M1=3,92 Ом M2=133,32 Ом	9,6230	95,15	85,01	0,4107	0,4080 ... 0,4145
3	F0=0,610351 Гц M1=56,22 Ом M2=102,02 Ом	0,07167	150,03	5,10	0,04371	0,04349 ... 0,04395



K254 – коннектор K254 (РАЖГ.685611.303 ПС),

K257 – коннектор K257 (РАЖГ.685611.306 ПС),

M1, M2 – магазин сопротивлений P4831(0...135 Ом; КТ0,02)

Рисунок 5.2 – Схема проверки

## 5.6 Оформление результатов

Результаты поверки оформляются записью в паспорте прибора с указанием результата и даты проведения. Запись удостоверяется подписью поверителя и, при положительных результатах поверки, оттиском клейма поверителя в паспорте и на пломбе, расположенной на задней стенке прибора.

## Приложение 1

### Функции преобразования и вычислительные формулы

П.1.1 Номинальная функция преобразования сигналов сопротивления, соответствующих температуре, и разности сопротивлений выражается характеристиками термопреобразователей Pt100, Pt50, 100П, 50П, 100М и 50М.

П.1.2 Номинальная функция преобразования сигналов силы тока, соответствующих температуре, выражается формулой

$$T = T_{\text{нн}} + K_T \cdot \{(T_{\text{вн}} - T_{\text{нн}}) \cdot (J_T - J_{\text{нн}}) / (J_{\text{вн}} - J_{\text{нн}}) - T_{\text{см}}\} \quad (\text{П1.1})$$

где

- $T$  – температура, °С;
- $T_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона измерений температуры, °С;
- $T_{\text{нн}}$  – нижний предел диапазона измерений температуры, °С;
- $J_T$  – входной сигнал, соответствующий температуре, мА;
- $J_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $J_{\text{нн}}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $T_{\text{см}}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, °С;
- $K_T$  – поправка на крутизну характеристики преобразования.

П.1.3 Номинальная функция преобразования сигналов силы тока, соответствующих объемному расходу, выражается формулой

$$Q = K_Q \cdot (Q_{\text{вн}} \cdot (J_Q - J_{\text{нн}}) / (J_{\text{вн}} - J_{\text{нн}}) - Q_{\text{см}}) \quad (\text{П1.2})$$

где

- $Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/ч;
- $Q_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона измерений объемного расхода, м<sup>3</sup>/ч;
- $J_Q$  – входной сигнал, соответствующий объемному расходу, мА;
- $J_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $J_{\text{нн}}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $Q_{\text{см}}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, м<sup>3</sup>/ч;
- $K_Q$  – поправка на крутизну характеристики преобразования.

П.1.4 Номинальная функция преобразования сигналов силы тока, соответствующих массовому расходу, выражается формулой

$$g = K_g \cdot (g_{\text{вн}} \cdot (J_g - J_{\text{нн}}) / (J_{\text{вн}} - J_{\text{нн}}) - g_{\text{см}}) \quad (\text{П1.3})$$

где

- $g$  – массовый расход, т/ч;
- $g_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона измерений массового расхода, т/ч;
- $J_g$  – входной сигнал, соответствующий массовому расходу, мА;
- $J_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $J_{\text{нн}}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $g_{\text{см}}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, т/ч;
- $K_g$  – поправка на крутизну характеристики преобразования.

П.1.5 Номинальная функция преобразования сигналов частоты, соответствующих объемному расходу, выражается формулой

$$Q = K_Q \cdot (Q_{\text{вн}} \cdot (F_Q - F_{\text{нн}}) / (F_{\text{вн}} - F_{\text{нн}}) - Q_{\text{см}}) \quad (\text{П1.4})$$

где

- $Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/ч;
- $Q_{\text{вн}}$  – верхний предел диапазона измерений объемного расхода, м<sup>3</sup>/ч;

$F_Q$  – входной сигнал, соответствующий объемному расходу, Гц;  
 $F_{ВН}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, Гц;  
 $F_{НН}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, Гц;  
 $Q_{СМ}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, м<sup>3</sup>/ч;  
 $K_Q$  – поправка на крутизну характеристики преобразования;  
 $K_{ПР}$  – коэффициент, м<sup>3</sup>·с/ч; вычисляется по индивидуальным градуировочным характеристикам расходомера ИРВИС-К-300;  
 $K_e$  – коэффициент расширения газа; вычисляется по ФР.1.29.2003.00885;  
 $K_T$  – поправка на температурное расширение материала расходомера.

П.1.6 Номинальная функция преобразования сигналов частоты, соответствующих массовому расходу, выражается формулой

$$g = K_g \cdot (g_{ВН} \cdot (F_g - F_{НН}) / (F_{ВН} - F_{НН}) - g_{СМ}) \quad (\text{П1.5})$$

где

$g$  – массовый расход, т/ч;  
 $g_{ВН}$  – верхний предел диапазона измерений массового расхода, т/ч;  
 $F_g$  – входной сигнал, соответствующий массовому расходу, Гц;  
 $F_{ВН}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, Гц;  
 $F_{НН}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, Гц;  
 $g_{СМ}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, т/ч;  
 $K_g$  – поправка на крутизну характеристики преобразования.

П.1.7 Номинальная функция преобразования числоимпульсных сигналов, соответствующих объему, выражается формулой

$$V = q_{и} \cdot n \quad (\text{П1.6})$$

где

$V$  – объем, м<sup>3</sup>;  
 $q_{и}$  – цена импульса, м<sup>3</sup>;  
 $n$  – количество импульсов, поступившее на вход прибора.

П.1.8 Номинальная функция преобразования числоимпульсных сигналов, соответствующих массе, выражается формулой

$$M = g_{и} \cdot n \quad (\text{П1.7})$$

где

$M$  – масса, т;  
 $g_{и}$  – цена импульса, т;  
 $n$  – количество импульсов, поступившее на вход прибора.

П.1.9 Номинальная функция преобразования сигналов силы тока, соответствующих перепаду давления, выражается формулой

$$\Delta P = K_{\Delta P} \cdot (\Delta P_{ВН} \cdot (|J_{\Delta P} - J_{НН}|^{(\gamma-1)} \cdot (J_{\Delta P} - J_{НН}) / (J_{ВН} - J_{НН})^\gamma - \Delta P_{СМ}) \quad (\text{П1.8})$$

где

$\Delta P$  – перепад давления, кПа (кгс/м<sup>2</sup>);  
 $\Delta P_{ВН}$  – верхний предел диапазона измерений перепада давления, кПа (кгс/м<sup>2</sup>);  
 $J_{\Delta P}$  – входной сигнал, соответствующий перепаду давления, мА;  
 $J_{ВН}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;  
 $J_{НН}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;  
 $\gamma$  – показатель степени;  $\gamma=1$  при линейной характеристике преобразования перепада давления,  $\gamma=2$  – при квадратичной;  
 $\Delta P_{СМ}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, кПа (кгс/м<sup>2</sup>);  
 $K_{\Delta P}$  – поправка на крутизну характеристики преобразования.

П.1.10 Номинальная функция преобразования сигналов силы тока, соответствующих давлению (абсолютному, избыточному, барометрическому), выражается формулой

$$P = K_P \cdot (P_{ВН} \cdot (J_P - J_{НН}) / (J_{ВН} - J_{НН}) - P_{СМ}) + P_{СТ} \quad (\text{П1.9})$$

где

- $P$  – давление, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- $P_{ВН}$  – верхний предел диапазона измерений давления, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- $J_P$  – входной сигнал, соответствующий давлению, мА;
- $J_{ВН}$  – верхний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $J_{НН}$  – нижний предел диапазона изменений входного сигнала, мА;
- $P_{СТ}$  – поправка на высоту водяного столба в импульсной трубке, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- $P_{СМ}$  – поправка на смещение нуля характеристики преобразования, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- $K_P$  – поправка на крутизну характеристики преобразования.

П.1.11 Вычисление массового расхода при применении датчиков объемного расхода выполняется по формуле

$$G = 10^{-3} \cdot A \cdot \{1 + \beta_T \cdot (T - 20)\}^2 \cdot Q \cdot \rho \quad (\text{П1.10})$$

где

- $G$  – массовый расход, т/ч;
- $A$  – поправочный коэффициент расхода;  $A = (0,8 \dots 1,2)$ ;
- $\beta_T$  – коэффициент температурного расширения материала измерительного участка трубопровода, 1/°C;
- $T$  – температура теплоносителя, °C;
- $Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/ч;
- $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>; вычисляется по МИ 2412-97 и МИ 2451-98.

П.1.12 Вычисление массового расхода при применении метода переменного перепада давления выполняется по формулам

$$G = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot E \cdot \varepsilon \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \cdot K_{Ш} \cdot K_{П} \cdot (0,002 \cdot \Delta P \cdot \rho / X)^{1/2} \quad \text{– для сужающих устройств} \quad (\text{П1.11})$$

$$G = (\rho / \rho_B)^{1/2} \cdot \{1 + 0,000189 \cdot (T - 20)\} \cdot k \cdot \Delta P \quad \text{– для устройств Gilflo} \quad (\text{П1.12})$$

$$G = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot A \cdot \varepsilon \cdot \pi \cdot D^2 / 4 \cdot (0,002 \cdot \Delta P \cdot \rho / X)^{1/2} \quad \text{– для напорных устройств} \quad (\text{П1.13})$$

$$\varepsilon = 1 - V_H \cdot \Delta P / (P \cdot k \cdot 1000) \quad \text{– для напорных устройств Annubar} \quad (\text{П1.14})$$

$$d = d_{20} \cdot \{1 + \beta_d \cdot (T - 20)\} \quad (\text{П1.15})$$

где

- $G$  – массовый расход, т/ч;
- $E$  – коэффициент скорости входа; вычисляется по ГОСТ 8.586.1-2005... ГОСТ 8.586.5-2005;
- $C$  – коэффициент истечения; вычисляется по ГОСТ 8.586.1-2005...ГОСТ 8.586.5-2005;
- $\varepsilon$  – коэффициент расширения; в зависимости от типа сужающего устройства вычисляется по ГОСТ 8.586.1-2005...ГОСТ 8.586.5-2005, РД 50-411-83 или по (П1.14); для воды  $\varepsilon = 1$ ;
- $d$  – диаметр отверстия СУ при рабочей температуре, мм;
- $\Delta P$  – перепад давления на сужающем устройстве, кПа;
- $\rho$  – плотность при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>;

- $\rho_B$  – плотность воды при стандартных условиях, кг/м<sup>3</sup>;  
 $X$  – степень сухости пара, для перегретого пара, воды и конденсата  $X=1$ ;  
 $P$  – давление теплоносителя, МПа;  
 $T$  – температура теплоносителя, °С;  
 $d_{20}$  – диаметр отверстия сужающего устройства при 20 °С, мм;  
 $D$  – внутренний диаметр трубопровода, мм;  
 $\beta_D$  – коэффициент температурного расширения материала сужающего устройства, 1/°С;  
 $K_{ш}$  – коэффициент шероховатости трубопровода;  
 $K_{п}$  – коэффициент притупления кромки диафрагмы; для других СУ  $K_{п}=1$ ;  
 $\kappa$  – показатель адиабаты, вычисляется по ГОСТ 30319.1-96;  
 $A$  – коэффициент расхода для напорных устройств;  
 $B_H$  – коэффициент, зависящий от конструкции датчика;  
 $k$  – коэффициент расхода по воде; задается в виде таблицы  $G_M=f(\Delta P)$ .

П.1.13 Вычисление массы и объема по каждому трубопроводу выполняется по формулам

$$M = \int_{t_1}^{t_2} G \cdot dt \quad (\text{П1.16})$$

$$V = \int_{t_1}^{t_2} Q \cdot dt \quad (\text{П1.17})$$

$$M = 10^{-3} \cdot \int_{n(t_1)}^{n(t_2)} \rho \cdot q_{И} \cdot dn(t) \quad (\text{П1.18})$$

$$V = \int_{n(t_1)}^{n(t_2)} q_{И} \cdot dn(t) \quad (\text{П1.19})$$

$$M = \int_{n(t_1)}^{n(t_2)} g_{И} \cdot dn(t) \quad (\text{П1.20})$$

$$V = \int_{n(t_1)}^{n(t_2)} \frac{g_{И}}{\rho} \cdot dn(t) \quad (\text{П1.21})$$

где

- $M$  – масса, т;  
 $V$  – объем, м<sup>3</sup>;  
 $G$  – массовый расход, т/ч  
 $Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\rho$  – плотность при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>;  
 $q_{И}$  – цена импульса входного сигнала, м<sup>3</sup>;  
 $g_{И}$  – цена импульса входного сигнала, т;  
 $t_1, t_2$  – время начала и окончания интервала вычислений, ч;  
 $n$  – количество импульсов входного сигнала.

П.1.14 Вычисление тепловой мощности, количества тепловой энергии и массы теплоносителя на подпитку или горячее водоснабжение выполняется по формулам

- для закрытых систем, содержащих подающий и обратный трубопроводы, с измерением расхода в подающем трубопроводе

$$\Delta\omega_{И1} = 10^{-3} \cdot G_1 \cdot (h_1 - h_2) \quad (\text{П1.22.1})$$

$$\Delta W_{И1} = \int_{t_1}^{t_2} \Delta\omega_{И1} \cdot dt \quad (\text{П1.22.2})$$

$$\Delta M = 0 \quad (\text{П1.22.3})$$

- для закрытых систем, содержащих подающий и обратный трубопроводы с измерением расхода в обратном трубопроводе

$$\Delta\omega_{И2} = 10^{-3} \cdot G_2 \cdot (h_1 - h_2) \quad (\text{П1.23.1})$$

$$\Delta W_{И2} = \int_{t_1}^{t_2} \Delta\omega_{И2} \cdot dt \quad (\text{П1.23.2})$$

$$\Delta M = 0 \quad (\text{П1.23.3})$$

- для систем с открытым водоразбором с измерением расхода в подающем и обратном трубопроводах

$$\Delta \omega = \Delta \omega_{И1} + 10^{-3} \cdot (G_1 - G_2) \cdot (h_2 - h_{XB}) \quad (\text{П1.24.1})$$

$$\Delta W = \Delta W_{И1} + 10^{-3} \cdot \int_{t_1}^{t_2} (G_1 - G_2) \cdot (h_1 - h_{XB}) \cdot dt \quad (\text{П1.24.2})$$

$$\Delta M = M_1 - M_2 \quad (\text{П1.24.3})$$

- для систем с открытым водоразбором с измерением расхода в подающем трубопроводе и трубопроводе подпитки

$$\Delta \omega = \Delta \omega_{И1} + G_3 \cdot (h_2 - h_{XB}) \quad (\text{П1.25.1})$$

$$\Delta W = \Delta W_{И1} + 10^{-3} \cdot \int_{t_1}^{t_2} G_3 \cdot (h_2 - h_{XB}) \cdot dt \quad (\text{П1.25.2})$$

$$\Delta M = M_3 \quad (\text{П1.25.3})$$

- для систем с открытым водоразбором с измерением расхода в обратном трубопроводе и трубопроводе подпитки

$$\Delta \omega = \omega_{И2} + 10^{-3} \cdot G_3 \cdot (h_1 - h_{XB}) \quad (\text{П1.26.1})$$

$$\Delta W = \Delta W_{И2} + 10^{-3} \cdot \int_{t_1}^{t_2} G_3 \cdot (h_1 - h_{XB}) \cdot dt \quad (\text{П1.26.2})$$

$$\Delta M = M_3 \quad (\text{П1.26.3})$$

- для однострубных систем без возврата теплоносителя

$$\omega = 10^{-3} \cdot G \cdot (h - h_{XB}) \quad (\text{П1.27.1})$$

$$W = \int_{t_1}^{t_2} \omega \cdot dt \quad (\text{П1.27.2})$$

- для закрытых систем с несколькими подающими трубопроводами и одним обратным трубопроводом (измерение расхода производится по каждому подающему трубопроводу)

$$\Delta \omega = 10^{-3} \cdot \sum_{i=1}^{i=a} G_{1i} \cdot (h_{1i} - h_2) \quad (\text{П1.28.1})$$

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta \omega \cdot dt \quad (\text{П1.28.2})$$

$$G_1 = \sum_{i=1}^{i=a} G_{1i} \quad (\text{П1.28.3})$$

$$\Delta M = 0 \quad (\text{П1.28.4})$$

- для закрытых систем с одним подающим трубопроводом и несколькими обратными трубопроводами (измерение расхода производится по каждому обратному трубопроводу)

$$\Delta \omega = 10^{-3} \cdot \sum_{j=1}^{j=b} G_{2j} \cdot (h_1 - h_{2j}) \quad (\text{П1.29.1})$$

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta \omega \cdot dt \quad (\text{П1.29.2})$$

$$\Delta M = 0 \quad (\text{П1.29.3})$$

- для систем с открытым водоразбором с несколькими подающими и обратными трубопроводами с измерением расхода по каждому из них

$$\Delta \omega = 10^{-3} \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=a} G_{1i} \cdot (h_{1i} - h_{XB}) - \sum_{j=1}^{j=b} G_{2j} \cdot (h_{2j} - h_{XB}) \right) \quad (\text{П1.30.1})$$

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta \omega \cdot dt \quad (\text{П1.30.2})$$

$$\Delta M = \sum_{i=1}^{i=a} M_{1i} - \sum_{j=1}^{j=b} M_{2j} \quad (\text{П1.30.3})$$

- для систем с открытым водоразбором с несколькими подающими и подпиточными (ГВС) трубопроводами с измерением расхода по каждому из них; обратный трубопровод – один

$$\Delta \omega = 10^{-3} \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=a} G_{1i} \cdot (h_{1i} - h_2) + (h_2 - h_{XB}) \cdot \sum_{k=1}^{k=m} G_{3k} \right) \quad (\text{П1.31.1})$$

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta \omega \cdot dt \quad (\text{П1.31.2})$$

$$\Delta M = \sum_{k=1}^{k=b} M_{3k} \quad (\text{П1.31.3})$$

- для систем с открытым водоразбором с несколькими обратными и подпиточными (ГВС) трубопроводами с измерением расхода по каждому из них; подающий трубопровод – один

$$\Delta \omega = 10^{-3} \cdot \left( \sum_{j=1}^{j=b} G_{2j} \cdot (h_1 - h_{2j}) + (h_1 - h_{XB}) \cdot \sum_{k=1}^{k=m} G_{3k} \right) \quad (\text{П1.32.1})$$

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta \omega \cdot dt \quad (\text{П1.32.2})$$

$$\Delta M = \sum_{k=1}^{k=b} M_{3k} \quad (\text{П1.32.3})$$

- для учета на источнике теплоты и для систем с открытым водоразбором; с измерением расхода в подающих, обратных и подпиточных трубопроводах; число трубопроводов каждого типа может быть более одного

$$\Delta \omega = 10^{-3} \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=a} G_{1i} \cdot h_{1i} - \sum_{j=1}^{j=b} G_{2j} \cdot h_{2j} - \sum_{k=1}^{k=m} G_{3k} \cdot h_{XB} \right) \quad (\text{П1.33.1})$$

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta \omega \cdot dt \quad (\text{П1.33.2})$$

$$\Delta M = \sum_{k=1}^{k=m} M_{3k} \quad (\text{П1.33.3})$$

где

$\Delta W$  – тепловая энергия по потребителю (магистрала), ГДж;

$W$  – тепловая энергия по трубопроводу, ГДж;

$\Delta \omega$ ,  $\Delta \omega_{И1}$ ,  $\Delta \omega_{И2}$  – тепловая мощность по потребителю (магистрала), ГДж/ч;

$\omega$  – тепловая мощность по трубопроводу, ГДж/ч;

$\Delta M$  – масса теплоносителя, использованного на подпитку или ГВС по потребителю (магистрала), т;

$M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  – масса теплоносителя по подающему, обратному и ГВС (подпиточному) трубопроводам, т;

$M_{1i}$ ,  $M_{2j}$ ,  $M_{3k}$  – масса теплоносителя по  $i$ -му из подающих трубопроводов,  $j$ -му из обратных трубопроводов,  $k$ -му из трубопроводов ГВС или подпитки, т;

$G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  – массовый расход в подающем, обратном и ГВС (подпиточном) трубопроводах, т/ч;

$G_{1i}$ ,  $G_{2j}$ ,  $G_{3k}$  – массовый расход в  $i$ -том подающем,  $j$ -том обратном и  $k$ -том ГВС (подпиточном) трубопроводах, т/ч;

$h_1$ ,  $h_2$  – энтальпия теплоносителя на вводе подающего и выводе обратного трубопроводов, кДж/кг;

$h_{1i}$ ,  $h_{2j}$  – энтальпия теплоносителя на вводе  $i$ -того подающего и выводе  $j$ -того обратного трубопроводов, кДж/кг;

$h_{ХВ}$  – энтальпия холодной воды на стороне источника теплоты, кДж/кг;

$a$ ,  $b$ ,  $m$  – количество подающих, обратных и ГВС (подпиточных) трубопроводов;  $a+b+m \leq 12$ ;

$t_1$ ,  $t_2$  – время начала и окончания интервала вычислений, ч;



## Приложение 2

## Поверочная база данных

Параметр и значение	Параметр и значение	Параметр и значение	Параметр и значение
031н00=111111111111	036н00=0,1	100т02=2	100т05=5
031н01=111111	036н01=03207	101т02=2	101т05=0
012=1	037н00=760	102т02н00=12	102т05н00=12
020=01-01-07	037н01=03204	102т02н01=250	102т05н01=250
021=01-00-00	040н00=-15	102т02н02=0	102т05н02=0
024=10	040н01=03208	102т02н03=0	102т05н03=1
027н00=1	045н01=00000010	103т02н00=159,83	109т05н00=29,001
027н01=6	045н02=060000000	103т02н01=0,0000173	109т05н01=03403
030н00=00	045н03=061000000	109т02н00=10000	113т05н00=0,601325
030н01=0,00001	045н04=063000000	109т02н01=03202	113т05н01=0
030н02=0,00001	045н05=064000000	113т02н00=0,475713	114т05н00=50
032к01н00=010	045н06=065000001	113т02н01=0	114т05н01=03304
032к01н01=50	045н07=156ЕЕ000001	114т02н00=150,035	120т05=28,98
032к02н00=060	045н08=3402000001	114т02н01=03205	121т05=1
032к02н01=10000	045н09=064000000	120т02=31,865	100т06=6
032к03н00=040	045н10=067000001	121т02=1	101т06=0
032к03н01=16	045н11=15001000000	100т03=3	102т06н00=12
032к04н00=030	045н12=15007000000	101т03=0	102т06н01=250
032к04н01=0,16	045н13=154ЕЕ0000000	102т03н00=12	102т06н02=0
032к04н01=0	045н14=157ЕЕ0000000	102т03н01=250	102т06н03=1
032к05н00=050	045н15=171ЕЕ0000000	102т03н02=0	109т06н00=25,001
032к05н01=200	045н16=158ЕЕ0000000	102т03н03=1	109т06н01=03404
032к05н02=0	045н17=3401000000	109т03н00=40,001	113т06н00=0,501325
032к06н00=050	045н18=350Е0000000	109т03н01=03401	113т06н01=0
032к06н01=20	045н19=351Е0000000	113т03н00=0,701325	114т06н00=40
032к06н02=0	045н20=160ЕЕ0000000	113т03н01=0	114т06н01=03302
032к07н00=042	045н21=360Е0000000	114т03н00=65	120т06=24,98
032к07н01=0,16	045н22=161ЕЕ0000000	114т03н01=03301	121т06=2
032к08н00=052	045н23=361Е0000000	120т03=39,5714	014н00=01-07
032к08н01=50	045н24=0210000000	121т03=1	014н00=02-08
032к08н02=-50	045н25=-	100т04=4	014н00=03-09
033к01н00=033	045н26=-	101т04=0	014н00=04-10
033к02н00=053	045н27=-	102т04н00=12	014н00=05-11
033к03н00=024	045н28=-	102т04н01=250	014н00=06-12
033к04н00=033	045н29=-	102т04н02=0	300п1=1
034к01н00=030	045н30=-	102т04н03=1	300п2=2
034к01н01=40,001	100т01=1	109т04н00=29,7872	300п3=3
034к01н06=312,5	101т01=1	109т04н01=03402	300п4=4
034к01н07=0	102т01н00=2	113т04н00=0,601325	300п5=5
034к02н00=020	102т01н01=250	113т04н01=0	300п6=6
034к02н01=29,7872	102т01н02=0,0000127	114т04н00=50	301п1=0012000000001
034к02н08=0,000022222	102т01н03=1	114т04н01=03304	301п2=0000120000000
034к02н09=000,00000	103т01н00=159,83	120т04=29,7872	301п3=1112130000004
034к03н00=010	103т01н01=0,0000173	121т04=1	301п4=0000000012002
034к03н01=29,001	110т01н00=50		301п5=0000001112134
034к03н08=0,000008889	110т01н01=03201		301п6=1112131112133
034к03н09=000,00000	113т01н00=0,601325		
034к04н00=040	113т01н01=03203		
034к04н01=24,82168	114т01н00=250		
034к04н06=312,5	114т01н01=03303		
034к04н07=0	120т01=32,462		
035н00=15	121т01=1		
035н01=03206			

Параметры, не перечисленные в таблице, могут иметь произвольные значения