

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

---

**МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ  
ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА  
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛАХ**

**МТ 34-70-024-86**



**СОЮЗТЕХЭНЕРГО  
Москва 1986**

РАЗРАБОТКА Всесоюзным гвардии ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом имени Ф.Э.Дзержинского (ВИ).

Производственным объединением по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей (ПО "Союзтехэнерго")

ИСПОЛНИТЕЛИ В.Н.ФОМИНА, Э.К.РИНКУС, С.А.ОСТРОВСКИЙ,  
Л.П.КОШВАЛОВА (ВИ), Б.С.КАРПОВ (ПО "Союзтехэнерго")

УТВЕРЖДЕНА Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 30.12.86 г.

Заместитель начальника Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СПО Союзтехэнерго, 1986.

Ответственный редактор Н.К.Демурова  
Литературный редактор М.Г.Полоновская  
Технический редактор Б.М.Полякова  
Корректор В.И. Шахнович

---

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Подписано к печати 05.12.86                 | Формат 60x84 1/16          |
| Печать офсетная Усл.печ.л.0,93Уч.-изд.л.0,9 | Тираж 1150 экз.            |
| Заказ № 544/гк                              | Издат.№ 86760 Цена 14 коп. |

---

Производственная служба передового опыта эксплуатации  
энергопредприятий Союзтехэнерго  
105023, Москва, Семеновский пер., д.15  
Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго  
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

Срок действия установлен  
с 01.01.87 г.  
до 01.01.92 г.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящая Методика предназначена для применения на ТЭС в целях обеспечения достоверных измерений температуры холодного воздуха ( $t_{х.в}$ ) в энергетических котлах и устанавливает метод и средства измерений, алгоритм процедур подготовки и проведения измерений и обработки результатов измерений, количественные показатели точности и способы их выражения.

1.2. Настоящая Методика устанавливает единые правила выполнения измерений температуры холодного воздуха, подаваемого в газовые, газомазутные и пылеугольные энергетические котлы перед устройствами для его предварительного подогрева.

1.3. Результаты измерения температуры холодного воздуха по данной Методике предназначены для использования при ведении технологического режима и расчета технико-экономических показателей работы котла.

1.4. Результаты измерений температуры холодного воздуха в нестационарных режимах (при пуске, останове) могут быть использованы только как оценочные.

1.5. Требования методики обязательно учитывать при проектировании, наладке и эксплуатации энергетических котлов.

## 2. НОРМЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Предел допускаемого значения суммарной абсолютной погрешности измерения температуры холодного воздуха устанавливается на уровне  $\Delta = \pm 3 \text{ K} (^{\circ}\text{C})$ .

2.2. Уровень погрешности определяется значением допускаемой неравномерности воздушного потока по сечению  $\pm 2 \text{ K} (^{\circ}\text{C})$ , а также метрологическими характеристиками применяемых средств измерения, позволяющими на практике обеспечить указанную точность измерения.

### 3. ИЗМЕРЯЕМЫЙ ПАРАМЕТР И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Температура холодного воздуха на входе в энергетический котел является одним из важнейших технологических параметров на ТЭС. При определении КПД котла методом обратного баланса основная погрешность результата связана с погрешностью определения потери тепла с уходящими газами, которая, в свою очередь, зависит от точности определения температуры уходящих газов и их состава, а также от правильности определения температуры холодного воздуха.

3.2. Перечень величин, влияющих на показания средств измерения, их номинальные значения с указанием пределов допускаемых отклонений приводятся в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации средств измерений.

3.3. При выполнении измерений температуры холодного воздуха дополнительно должны быть соблюдены следующие условия:

- неравномерность температуры воздушного потока ( $\Delta t_{x,\beta}$ ) не более  $\pm 2 \text{ K} (^{\circ}\text{C})$  по всему измерительному сечению. Методика измерения температурной неравномерности воздушного потока в сечении регламентируется ГОСТ 12.3.018-79 "Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний".

- диапазон возможных изменений температуры воздуха от  $-50$  до  $+60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- глубина погружения термпреобразователя сопротивления ТСМ порядка 400-450 мм;

- устойчивость к механическим воздействиям: вибрация - 5-80 Гц, виброперемещение - 0,13 мм для 5-45 Гц, виброускорение -  $10 \text{ м/с}^2$  для 45-80 Гц.

3.4. При заборе воздуха из помещения или с улицы указанная неравномерность температуры воздушного потока  $\Delta t_{x,\beta} = \pm 2 \text{ K} (^{\circ}\text{C})$  обеспечивается автоматически.

При смешанном заборе воздуха на котлы (одновременно с улицы и из помещения) для обеспечения неравномерности воздушного по-

тока  $\pm 2$  К ( $^{\circ}$ С) перед термодатчиком необходима установка специального смесительного устройства (турбулизирующей решетки, крыльчатки и др.).

#### 4. МЕТОД И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРА

4.1. Измерение температуры холодного воздуха следует выполнять контактным методом в контрольной точке сечения воздуховода.

4.2. При выполнении измерений температуры холодного воздуха рекомендуются средства измерений, приведенные в приложении I. Допускается применение других средств измерения, которые по своим характеристикам не уступают названным.

4.3. Допускается применение информационно-измерительных систем (ИИС).

#### 5. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

5.1. Термопреобразователи сопротивления должны быть установлены в сечениях воздухопроводов всасывающего тракта дутьевых вентиляторов (воздуходувок) на участках между патрубками для забора воздуха и врезками линий рециркуляции горячего воздуха или линии сброса воздуха, охлаждающего балки.

Измерительные сечения должны располагаться на расстоянии не менее 1 м до места врезки линии рециркулирующего горячего воздуха и не менее 2 м от заборного патрубка.

На котлах с двумя дутьевыми вентиляторами измерение температуры холодного воздуха производится во всасывающих воздухопроводах обоих дутьевых вентиляторов.

Скорости воздуха в измерительных сечениях обычно не превосходят 5 м/с.

5.2. Контрольная точка измерения температуры холодного воздуха должна находиться на расстоянии не менее 0,2 м от боковой стенки воздуховода.

5.3. Обслуживание схемы измерений, ремонт и поверка приборов производится в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации на применяемые средства измерений, графиками их поверки и ремонта.

## 6. АЛГОРИТМ ОПЕРАЦИЙ ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. К измерениям допускаются средства измерения, прошедшие государственную (ведомственную) поверку, имеющие действующие поверительные клейма.

6.2. Определение температуры холодного воздуха производится путем снятия четырех показаний измерительного прибора с интервалом в 15 с с записью показаний; при двух каналах измерения в случае одноточечного прибора запись ведется по двум приборам одновременно, в случае трехточечного прибора - по одному прибору с интервалом 2,5 с.

6.3. При использовании ИИС обработка результатов измерений осуществляется следующим образом: опрос измерительных каналов производится с периодичностью принятой для ИИС энергетического котла (рекомендуемая периодичность 2-5 с); показания по каждому из каналов усредняются за 1 мин. Для каждого усредненного показания проверяется, находится ли его значение в допустимых границах. Показания, которые выходят за эти границы, отбраковываются. В случае двух каналов измерения расчет осуществляется только при корректных исходных данных по обоим каналам измерения. За итоговые показания принимаются значения, определяемые по формулам (2), (3) и (3а). Допустимые границы, по которым производится в ИИС контроль достоверности усредненных показаний, для температуры холодного воздуха принимаются в интервале от -50 до +50°C; по расходу холодного воздуха допустимые границы определяются в интервале максимальных и минимальных значений расхода для конкретного оборудования и закладываются в память ИИС.

## 7. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ФОРМЫ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

7.1. В качестве показателя точности измерения применяется интервал, в котором абсолютная погрешность измерения находится с вероятностью 95%.

7.2. Устанавливается следующая форма представления итоговых величин:  $t_{х.в} \pm \Delta$  ;  $P = 0,95$ ,

где  $t_{x,\delta}$  - результат измерения, К ( $^{\circ}\text{C}$ );  
 $\Delta$  - предел допускаемого значения суммарной абсолютной погрешности измерения К ( $^{\circ}\text{C}$ );  
 $P = 0,95$  - установленная вероятность, с которой погрешность измерения находится в этих границах.

### 8. АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ

8.1. Температура холодного воздуха в контрольной точке  $j$ -го участка определяется по формуле

$$t_{x,\delta}^{(j)} = \frac{1}{4} \left[ t_{x,\delta}^{(1)} + t_{x,\delta}^{(2)} + t_{x,\delta}^{(3)} + t_{x,\delta}^{(4)} \right], \quad (1)$$

где  $t_{x,\delta}^{(1)-(4)}$  - показания, снятые через интервал  $I\bar{5}$  с.

При измерениях в одной точке (один канал измерения,  $j = 1$ ) за показания принимается

$$t_{x,\delta} = t_{x,\delta}^{(1)}. \quad (2)$$

При измерениях в двух точках (два канала измерения,  $j = 1, 2$ ) за показания принимается значение, определенное по формуле

$$t_{x,\delta} = \frac{t_{x,\delta}^{(1)} + \frac{U_{x,\delta}^{(2)}}{U_{x,\delta}^{(1)}} t_{x,\delta}^{(2)}}{1 + \frac{U_{x,\delta}^{(2)}}{U_{x,\delta}^{(1)}}}, \quad (3)$$

где  $U_{x,\delta}^{(1)}$  и  $U_{x,\delta}^{(2)}$  - расходы холодного воздуха в первом и втором каналах.

При отсутствии штатных измерений расходов воздуха  $U_{x,\delta}^{(1)}$  и  $U_{x,\delta}^{(2)}$  температура холодного воздуха определяется как среднearифметическое измерений по двум параллельным каналам измерения:

$$t_{x,\delta} = \frac{1}{2} (t_{x,\delta}^{(1)} + t_{x,\delta}^{(2)}). \quad (3a)$$

Нагрузка вентиляторов при этом поддерживается одинаковой. Значение средней температуры на входе в котел определяется по фор-

мулам (2), (3), (3а) и используется при расчете технико-экономических показателей котлов.

8.2. Предел допускаемого значения суммарной абсолютной погрешности измерения  $t_{\chi.\beta}$  при нормальных условиях определяется по формуле

$$\Delta_D = \Delta_{D,j} = \pm \sqrt{\Delta_{Т.С}^2 + \Delta_{И.П}^2 + \Delta_{Л.С}^2 + \Delta_M^2}, \quad (4)$$

где  $\Delta_{Т.С}$ ,  $\Delta_{И.П}$ ,  $\Delta_{Л.С}$  - соответственно предел допускаемого значения абсолютной погрешности термопреобразователя сопротивления, измерительного прибора (автоматического моста) или нормирующего преобразователя в случае ИИС, линий связи, К(°С);

$\Delta_M$  - предел абсолютной методической погрешности от замены измерения поля температур точечной оценкой, К(°С).

Погрешность  $\Delta_{Т.С}$  принимается по паспорту на термопреобразователь сопротивления. Погрешность  $\Delta_{И.П}$  определяется по формуле

$$\Delta_{И.П} = \pm \frac{\delta_{пр} T_M}{100}, \quad (5)$$

где  $\delta_{пр}$  - приведенная погрешность измерительного прибора (класс точности), %;

$T_M$  - нормирующее значение (диапазон измерений), °С.

Погрешность  $\Delta_{Л.С}$  принимается по техническим условиям на измерительный прибор с учетом сопротивления реальных линий связи.

Погрешность  $\Delta_M$  определяется по результатам экспериментального определения полей скоростей и температур в измерительном сечении и может быть принята равной  $\Delta_M \approx \Delta t_{\chi.\beta}$ .

При измерениях в двух точках

$$\Delta_D = \frac{\Delta_{D,j}}{\sqrt{2}}. \quad (6)$$

Дополнительная погрешность измерения температуры холодного воздуха при изменении внешних влияющих факторов определяется по формуле

$$\delta = \pm \sqrt{\delta_{ТС}^2 + \delta_{ИП}^2 + \delta_{ЛС}^2 + \delta_{М}^2}, \quad (7)$$

где  $\delta_{ТС}, \delta_{ИП}, \delta_{ЛС}$  - предел дополнительной абсолютной погрешности термопреобразователя сопротивления, измерительного прибора и линий связи при заданных, конкретных условиях измерений на данной ТЭС (при наиболее вероятных отклонениях влияющих факторов от нормальных значений), t (°C);  
 $\delta_{М}$  - предел дополнительной методической абсолютной погрешности от отклонения поля распределения температур и скоростей газов от принятых за нормальные, К (°C). Учитывая, что поле температур характеризуется стабильностью, принимается  $\delta_{М} = 0$ .

Определение  $\delta_{ТС}, \delta_{ИП}, \delta_{ЛС}$  производится на основании паспорта или инструкции по эксплуатации на средства измерений. Предел суммарной абсолютной погрешности измерения находится по формуле

$$\Delta = \pm \sqrt{\Delta_0^2 + \delta^2}. \quad (8)$$

8.3. Результаты измерений должны быть оформлены записью в суточной ведомости в установленном порядке. Результаты измерений записываются с точностью до единиц, а результаты расчета итоговых величин - до 0,5 К (°C).

Пример определения суммарной абсолютной погрешности приведен в приложении 2.

Пример определения среднemasсовой температуры холодного воздуха по данным штатных измерений приведен в приложении 3.

## 9. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ

к выполнению измерений и обработке их результатов допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие квалификацию:

при выполнении измерений - слесарь по автоматике и АИП не ниже 5-го разряда;

при обработке результатов измерений - техник или инженер-теплотехник.

10. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

10.1. При монтаже, наладке и эксплуатации систем измерения температуры холодного воздуха должны быть соблюдены правила техники безопасности, установленные "Правилами техники безопасности эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей" (М.: Энергоатомиздат, 1983).

10.2. Инструктаж операторов должен проводиться в соответствии с "Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей" (М.: Энергия, 1977).

Приложение I  
Рекомендуемое

НОМЕНКЛАТУРА РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

| Наименование                              | Технические характеристики  | Тип, технические условия   | Завод-изготовитель                      |
|---|---|--|---|
| Термопреобразователь сопротивления медный | <p>Пределы измерения 223-473 К (-50 - +200 °С).</p> <p>Номинальная статическая характеристика 50 М.</p> <p>Предел допускаемого значения основной погрешности - 0,89% (при номинальной температуре эксплуатации +120°С).</p> <p>Термопреобразователь погружаемый, водозащищенный, герметичный, виброустойчивый.</p> <p>Класс III.</p> <p>Измеряемая среда - газообразная.</p> <p>Защитная арматура сталь 08Х13</p> <p>Крепление - штуцер М20х1,5</p> <p>Габаритные размеры: L = 1040 мм, длина</p> | <p>ТСМ-0879-01</p> <p>5112.821.446-39;</p> <p>ТУ 25-02.</p> <p>792288-80</p> | <p>Луцкий приборостроительный завод</p> |

| Наименование                        | Технические характеристики   | Тип, технические условия                                   | Завод-изготовитель                                     |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Мост автоматический уравновешенный  | <p>погружаемой части <math>l = 500</math> мм; диаметр 8 мм; масса 0,35 кг</p> <p>Количество выводных проводников - 2</p> <p>Пределы измерения 223-373 К (-50 - +100 °С).</p> <p>Номинальная статическая характеристика - 50 М</p> <p>Основная погрешность по показаниям не более <math>\pm 0,5\%</math>, по записи <math>\pm 0,5</math>.</p> <p>Быстродействие - 2,5 с</p> | <p>КСМ - 4-207<br/>42.340.80-207;<br/>ТУ 25-05-1290-78</p> | <p>Московский приборостроительный завод "Манометр"</p> |
| Мост автоматический уравновешенный  | <p>Пределы измерения 223-373 К (-50 - +100 °С).</p> <p>Номинальная статическая характеристика - 50 М</p> <p>Основная погрешность по показаниям не более <math>\pm 0,5\%</math>, по записи <math>\pm 1\%</math>.</p> <p>Быстродействие - 2,5 с</p>  | <p>КСМ - 2-018<br/>42.1732.1022.<br/>ТУ 25-1610.001-82</p> | <p>Завод "Львов-прибор"</p>                            |
| Секундомер                          | <p>Однострелочный; класс точности - 3,0; шкала - 30 мин; средняя погрешность за 30 мин <math>\pm 1,0</math> с; максимальная погрешность за 60 с <math>\pm 0,4</math> с</p>   | <p>ССПпр-2а-3<br/>ГОСТ 5072-79</p>                         | <p>Златоустовский часовой завод</p>                    |
| Информационно-измерительная система | <p>Предел допускаемого значения суммарной абсолютной погрешности измерения <math>\pm 3\text{К}</math> (°С).<br/>Рекомендуемая периодичность опроса (2-5)с, период усреднения 1 мин</p>   | <p>Определяется схемой АСУ-ТП</p>                          | <p>Определяется при проектировании</p>                 |

Приложение 2  
Справочное

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ АБСОЛЮТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ  
ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА НА ВХОДЕ  
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОТЕЛ

I. Измерение температуры в одной точке (один канал измерения)

Погрешность измерения температуры холодного воздуха при нормальных условиях определяется по формуле (4), где для термопреобразователя сопротивления ТСМ-0879-01 по ТУ 25-02.792288-80  $\Delta_{т.с} = 0,89^\circ\text{C}$ ; для автоматического моста КСМ-4-20742.340.80-207 по ТУ 25-05-1290-78 по формуле (5)  $\Delta_{и.п} = \frac{0,5 \cdot 100}{100} = 0,75^\circ\text{C}$ , где  $\delta_{пр} = 0,5\%$ ;  $T_M = 150^\circ\text{C}$ . Согласно п. I.3.5 ТУ 25-02.792288-80 сопротивление выводных проводников термопреобразователей с двумя выводными проводниками при  $0^\circ\text{C}$  не должно превышать у медных преобразователей 0,2% номинальных значений сопротивления  $R_M$  при  $0^\circ\text{C}$ .

Тогда сопротивление линий связи может составить

$$R_{\text{с}} = \frac{0,2 R_D}{100} = \frac{0,2 \cdot 100}{100} = 0,2 \text{ Ом},$$

где  $R_D = 100 \text{ Ом}$ .

Поскольку в соответствии с градуировочной характеристикой (приложения 10-13 ГОСТ 6651-59) изменение сопротивления на 0,1 Ом вызывается отклонением температуры примерно на  $0,25^\circ\text{C}$ , то  $\Delta_{л.с} \approx 0,2 \cdot \frac{0,25}{0,1} = 0,5^\circ\text{C}$ .

Предел абсолютной методической погрешности измерения при измерении поля температур в одной точке равен неравномерности температуры воздушного потока во всасывающем воздуховоде в сечении, где установлен термопреобразователь

$$\Delta_M \approx \Delta t_{x,\beta} = \pm 2^\circ\text{C};$$
$$\Delta_0 = \pm \sqrt{0,89^2 + 0,75^2 + 0,5^2 + 2^2} = 2,47^\circ\text{C}.$$

Для вычисления дополнительной погрешности измерения используется формула (7),

где  $\delta_{т.с} = \pm 0,35^{\circ}\text{C}$  - для термопреобразователя сопротивления (включает погрешности: вследствие перегрева чувствительного элемента; от изменения отношения  $\frac{R_{100}}{R_0}$ ; из-за неточности подгонки начального сопротивления);

$\delta_{и.п} = 0$ , так как измерительный прибор установлен на блочном щите, где поддерживаются нормальные условия эксплуатации;

$\delta_{л.с} = 0$ , поскольку изменение сопротивлений линий связи пренебрежимо мало и может не учитываться;

$\delta_M = 0$ , так как поле температур характеризуется стабильностью.

Таким образом,  $\delta_D = \pm 0,35^{\circ}\text{C}$ .

Предел суммарной абсолютной погрешности одного канала измерения по формуле (8) равен

$$\Delta = \pm 2,5^{\circ}\text{C}.$$

В реальных условиях эксплуатации котлов возможные отклонения поля распределения температур холодного воздуха в измерительном сечении в пределах  $\pm(1-1,5)^{\circ}\text{C}$ . В этом случае ( $\delta_M = \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ )  $\delta_D$  составит  $\pm 1,54^{\circ}$  и

$$\Delta = \pm 2,91^{\circ}\text{C}.$$

## 2. Измерение температур в двух точках (два канала измерения)

При отсутствии измерения расходов и при поддержании одинакового значения электрической нагрузки вентиляторов погрешность при двух каналах измерения определяется по формуле

$$\Delta_D = \pm \frac{\Delta_{D1}(\Delta_{D2})}{\sqrt{2}},$$

где  $\Delta_{D1}$ ;  $\Delta_{D2}$  - погрешности каналов измерения.

Принимая  $\Delta_{01} = \Delta_{02} = 2,5^{\circ}\text{C}$ , найдем  $\Delta_0 = \pm \frac{2,5}{\sqrt{2}} = \pm 1,77^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Измерение температур в двух точках (два канала измерения)

Погрешность при двух параллельных каналах измерения определяется по формуле

$$\Delta_0 = \pm \sqrt{\left(\frac{\bar{v}}{\bar{v}+1} \Delta_{01}\right)^2 + \left(\frac{1}{\bar{v}+1} \Delta_{02}\right)^2 + \left[\frac{\bar{v}(t_{x,\theta}^{(1)} - t_{x,\theta})}{(\bar{v}+1)100} \delta v^{(1)}\right]^2 + \left[\frac{t_{x,\theta}^{(2)} - t_{x,\theta}}{(\bar{v}+1)100} \delta v^{(2)}\right]^2}, \quad (9)$$

где  $\bar{v} = \frac{v^{(1)}}{v^{(2)}}$  - отношение массовых расходов воздуха через воздухопроводы всасывающего тракта дутьевых вентиляторов;  
 $t_{x,\theta}^{(1)}, t_{x,\theta}^{(2)}$  - температура холодного воздуха по первому и второму воздухопроводу всасывающего тракта,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_{x,\theta} = \frac{t_{x,\theta}^{(1)} \bar{v} + t_{x,\theta}^{(2)}}{\bar{v}+1}$  - среднемассовая температура по двум воздухопроводам,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\delta v^{(1)}, \delta v^{(2)}$  - относительные погрешности измерения расхода воздуха, %.

При  $t_{x,\theta}^{(1)} = 41,5^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{x,\theta}^{(2)} = 41,0^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{x,\theta} = 41,25^{\circ}\text{C}$ ,  $\bar{v} = 0,9$ ,  
 $\Delta_{01} = \Delta_{02} = \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $\delta v^{(1)} = \delta v^{(2)} = 10\%$ .

$$\Delta_0 = \pm \sqrt{\left(\frac{0,9}{1,9} 2,5\right)^2 + \left(\frac{1}{1,9} 2,5\right)^2 + \left(\frac{0,9 \cdot 0,25}{1,9 \cdot 100}\right)^2 + \left(\frac{0,25}{1,9 \cdot 100}\right)^2} = \pm 1,78 \pm 2^{\circ}\text{C}.$$

Приложение 3  
Справочное

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕМАССОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА НА ВХОДЕ В КОТЕЛ ПО ДАННЫМ  
ИСТАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

При полном заборе воздуха из цеха и измерениях в двух точках измерения проводятся с интервалом в 15 с (за одну минуту):

$$t_{x.б.1}^{(1)} = 10^{\circ}\text{C}; \quad t_{x.б.2}^{(1)} = 41^{\circ}\text{C}; \quad t_{x.б.3}^{(1)} = 39^{\circ}\text{C}; \quad t_{x.б.4}^{(1)} = 38^{\circ}\text{C};$$
$$t_{x.б.1}^{(2)} = 22^{\circ}\text{C}; \quad t_{x.б.2}^{(2)} = 21^{\circ}\text{C}; \quad t_{x.б.3}^{(2)} = 19^{\circ}\text{C}; \quad t_{x.б.4}^{(2)} = 22^{\circ}\text{C}.$$

Соотношение массовых расходов воздуха через воздухопроводы всасывающего тракта дутьевых вентиляторов составляет

$$\bar{u} = \frac{u^{(1)}}{u^{(2)}} = 0,8;$$

средняя температура по первому воздухопроводу составляет

$$t_{x.б}^{(1)} = \frac{1}{4} (t_{x.б.1}^{(1)} + t_{x.б.2}^{(1)} + t_{x.б.3}^{(1)} + t_{x.б.4}^{(1)}) = 42,5^{\circ}\text{C};$$

средняя температура по второму воздухопроводу составляет

$$t_{x.б}^{(2)} = \frac{1}{4} (t_{x.б.1}^{(2)} + t_{x.б.2}^{(2)} + t_{x.б.3}^{(2)} + t_{x.б.4}^{(2)}) = 21^{\circ}\text{C};$$

среднемассовая температура по двум воздухопроводам составляет

$$t_{x.б} = \frac{\bar{u} t_{x.б}^{(1)} + t_{x.б}^{(2)}}{u + 1} = 30,55^{\circ}\text{C} \approx 30,5^{\circ}\text{C}.$$

При отсутствии измерения расходов по двум воздухопроводам и при поддержании одинаковой нагрузки вентиляторов

$$t_{x.б} = \frac{t_{x.б}^{(1)} + t_{x.б}^{(2)}}{2} = 31,75^{\circ}\text{C} \approx 32^{\circ}\text{C}.$$

---

---

## О Г Л А В Л Е Н И Е

|  |    |
|--|----|
| 1. Назначение и область применения .....   | 3  |
| 2. Нормы на показатели точности измерений .....  | 3  |
| 3. Измеряемый параметр и условия измерения .....   | 4  |
| 4. Метод и средства измерения параметра .....  | 5  |
| 5. Условия применения средств измерения .....  | 5  |
| 6. Алгоритм операций подготовки и выполнение измерений .....   | 6  |
| 7. Показатели точности измерений и формы их представления .....  | 6  |
| 8. Алгоритм обработки результатов измерений и оценка показателей точности .....  | 7  |
| 9. Требования к квалификации операторов .....  | 9  |
| 10. Требования техники безопасности .....  | 10 |
| П р и л о ж е н и е 1. Номенклатура рекомендуемых средств измерений .....  | 10 |
| П р и л о ж е н и е 2. Пример определения суммарной абсолютной погрешности измерения температуры холодного воздуха на входе в энергетический котел ..... | 12 |
| П р и л о ж е н и е 3. Пример определения среднemasсовой температуры холодного воздуха на входе в котел по данным штатных измерений .....                | 15 |