

**МЕТОДИКА  
ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА  
ЗА КОТЛОМ И ПЕРЕД СТОПОРНЫМИ  
КЛАПАНАМИ ТУРБИНЫ  
НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ**

**МТ 34-70-042-87**



**СОЮЗТЕХЭНЕРГО  
Москва 1987**

Р А З Р А Б О Т А Н О Московским го<sup>с</sup>овым предприятием  
Производственного Объединения по наладке, совершен-  
ствованию технологии и эксплуатации электростанций  
и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И А.Г.АЖИКИН, Л.В.СОЛОВЬЕВА,  
Б.Г.ТИМИНСКИЙ, В.И.ЧУБАТЫЙ (Союзтехэнерго), канди-  
даты технических наук Л.А.СТРИГИНА, В.С.ЧИСТЯКОВ  
(МЭИ)

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным научно-техническим управ-  
лением энергетики и электрификации 07.01.87 г.

Заместитель начальника А.П.БЕРСЕНЕВ

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА ЗА КОТЛОМ  
И ПЕРЕД СТОПОРНЫМИ КЛАПАНАМИ ТУРБИ-  
НЫ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

МТ 34-70-042-87

Срок действия установлен  
с 01.01.88 г.  
до 01.01.93 г.

Настоящая Методика разработана в соответствии с "Методическими указаниями по разработке и аттестации методик выполнения измерений основных параметров теплоэнергетического оборудования: МУ 34-70-014-82" (М.: СПО Совзтехэнерго, 1982). Методика устанавливает порядок выполнения измерений температуры свежего пара на тепловых электростанциях (ТЭС) и является обязательной для персонала электростанций и проектных организаций.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящая Методика предназначена для использования при организации и выполнении измерений температуры свежего пара перед турбиной на ТЭС с энергоблоками мощностью 250, 300, 500, 800 и 1200 МВт.

1.2. Методика устанавливает требования к методам и средствам измерений, алгоритмы подготовки, проведения измерений и обработки результатов измерений.

1.3. Методика обеспечивает получение достоверных количественных показателей точности измерений в базисном режиме работы энергооборудования при принятой доверительной вероятности  $P$ , равной 0,95, и устанавливает способы их выражения.

1.4. Норма точности измерений при контроле и управлении технологическим оборудованием в базисном режиме и при расчетах технико-экономических показателей установлена  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Для маневренного режима работы норма точности измерений не устанавливается.

Указанная норма установлена исходя из условий ее достижения в реальных условиях эксплуатации при использовании наиболее современных методов и технических средств измерения с лучшими метрологическими характеристиками.

Экономически обоснованная норма точности измерений температуры свежего пара составляет  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

При выпуске промышленностью новых технических средств с лучшими метрологическими характеристиками следует стремиться к обеспечению экономически обоснованной нормы точности измерений.

## 2. СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЯЕМОМ ПАРАМЕТРЕ. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА И СТРУКТУРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Номинальные значения температуры свежего пара для котлов паропроизводительностью более 200 т/ч находятся в пределах  $540-560$  ( $570$ ) $^{\circ}\text{C}$ , давления в пределах 9,8-25 МПа (100-255 кгс/см<sup>2</sup>) по ГОСТ 36-9-82 (СТ СЭВ 3034-81) "Котлы паровые стационарные. Типы и основные параметры".

Измерения температуры свежего пара на ТЭС производится контактным методом. В качестве первичных преобразователей применяются термоэлектрические термометры. Технические требования к ним должны соответствовать ГОСТ 3044-84 "Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики преобразования".

В качестве измерительных приборов применяются показывающие самопишущие согласно "Руководящим указаниям по объему оснащения тепловых электрических станций контрольно-измерительными приборами, средствами авторегулирования, теплотехнической защиты, блокировки и сигнализации" (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1969).

На энергоблоках, оснащенных информационными измерительными системами (ИИС) на базе средств вычислительной техники, каналы измерения температуры свежего пара состоят из термоэлектрических термометров, измерительных преобразователей различных типов, в зависимости от применяемого информационно-вычислительного комплекса и устройства отображения информации (электронно-лучевой трубки, показывающего многошкального прибора ПММ, цифрового табло или цифropечатающего устройства).

Измерительные преобразователи могут быть как индивидуальные, так и входить в состав ИИС.

Для соединения термоэлектрического термометра с измерительными приборами (измерительными преобразователями) используются удлиняющие термоэлектродные провода типа М, которые должны отвечать требованиям ГОСТ 1791-67 "Проволока из никелевого и медно-никелевого сплавов для удлиняющих проводов к термопарам".

Номенклатура рекомендуемых средств измерений приведена в рекомендуемом приложении I. Допускается применение других средств измерений с характеристиками, соответствующими указанным в приложении I.

### 3. АЛГОРИТМ ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Монтаж термоэлектрических термометров на каждом паропроводе свежего пара за впускным устройством, перед главной паровой задвижкой и в стопорном клапане должен производиться в соответствии со СНиП Ш-34-74.

Чувствительный элемент термоэлектрического термометра должен находиться в центре поперечного сечения трубопровода.

Все средства измерений, применяемые для определения температуры свежего пара, должны иметь действующее клеймо или свидетельство о поверке.

Провода не должны образовывать петель и проходить вблизи мощных источников переменных электромагнитных полей (трансформаторов, электродвигателей и т.н.).

Температура окружающего воздуха, влажность, вибрация, внешние электрические и магнитные поля, напряжение питания, запыленность в месте установки средств измерений не должны превышать значений, указанных в технических условиях и инструкциях по монтажу и эксплуатации этих средств измерений.

### 4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ, СПОСОБЫ ИХ ВЫРАЖЕНИЯ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

В качестве показателя точности измерений температуры свежего пара из числа приведенных в МИ 1317-86 "Государственная система обеспечения единства измерений". Результаты и характеристики по-

грешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытание образцов продукции и контроле их параметров", применяется интервал, в котором с установленной вероятностью находится суммарная погрешность измерений.

Результаты измерения представляются в следующей форме:

$$t_{cp}; \Delta \sigma \Delta_{\ell} \text{ до } \Delta_h; P,$$

- где  $t_{cp}$  - среднее значение результатов измерения температуры свежего пара за соответствующий период времени, °С;  
 $\Delta, \Delta_{\ell}, \Delta_h$  - соответственно погрешность измерения, нижняя и верхняя ее границы, °С;  
 $P$  - установленная вероятность, с которой погрешность измерения находится в этих границах, равная 0,95.

### 5. АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Среднее значение температуры свежего пара определяется при обработке диаграмм, снятых с самопишущих приборов.

5.2. Определение результата измерения температуры свежего пара производится:

- при применении планиметра по формуле

$$t_j = 200 + \frac{F m_t}{\tau S} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

- где  $200$  - начальное значение шкалы;  
 $F$  - площадь диаграммы, вычисленная планиметром за интервал усреднения, см<sup>2</sup>;  
 $m_t$  - масштаб температуры, определяемый делением диапазона показаний измерительного прибора на ширину диаграммы, °С/см;  
 $\tau$  - интервал усреднения (1 ч, 8 ч, 24 ч);  
 $S$  - скорость движения диаграммы, см/ч;  
- при применения информационно-вычислительного комплекса по формуле

$$t_j = \frac{1}{nT} \sum_{i=1}^n t_i \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

где  $n$  - число циклов за заданный интервал времени усреднения, I ч;  
 $T$  - период опроса, ч;  
 $t_i$  - значение температуры свежего пара в  $i$ -м цикле опроса, °C.

5.3. Усредненная температура свежего пара по паропроводам определяется по формуле

$$t_{cp} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K t_j \text{ } ^\circ\text{C} , \quad (3)$$

где  $K$  - число паропроводов;  
 $j = 1, 2, \dots, K$ .

5.4. Доверительные границы погрешности усредненной температуры свежего пара определяются по формуле

$$\Delta t = \Delta t_h = \pm \frac{1}{K\sqrt{K}} \sum_{j=1}^K \Delta t_j , \quad (4)$$

где  $\Delta t_j$  - суммарная погрешность измерений температуры свежего пара  $j$ -й измерительной системы, °C.

$$\Delta t_j = \pm \frac{t_N \delta_\Sigma}{100} , \quad (5)$$

где  $t_N$  - нормирующее значение температуры - диапазон измерений, °C;

$\delta_\Sigma$  - суммарная относительная погрешность измерений температуры в эксплуатационных условиях,

Абсолютная погрешность измерений переводится в относительную  $\delta$  (%) по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{t_j} 100 , \quad (6)$$

где  $\Delta$  - абсолютная погрешность измерения, °C.

#### 6. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА

Суммарная относительная погрешность измерения температуры свежего пара определяется по формуле

$$\delta_\Sigma = \pm \sqrt{\delta_{н.у}^2 + \delta_{\delta}^2} , \quad (7)$$

где  $\delta_{н.у}$  - предел суммарной погрешности измерений температуры свежего пара при нормальных условиях, %.

$$\delta_{н.у} = \pm \sqrt{\delta_T^2 + \delta_n^2 + \delta_{л.с}^2 + \delta_{об}^2}, \quad (8)$$

$\delta_T$  - предел допускаемой погрешности термоэлектрического термометра, %;

$\delta_n$  - предел допускаемой погрешности измерительного прибора, %;

$\delta_{л.с}$  - предел допускаемой погрешности удлиняющих проводов, %;

$\delta_{об}$  - погрешность обработки результатов измерений температуры свежего пара, %;

$\delta_{\partial}$  - суммарная дополнительная погрешность канала измерения температуры свежего пара, %.

$$\delta_{\partial} = \pm \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \dots + \delta_n^2}, \quad (9)$$

где  $\delta_1 - \delta_n$  - составляющие суммарной дополнительной погрешности измерения температуры свежего пара за счет изменения влияющих факторов (температуры, влажности, напряжения, вибрации и др.).

Для определения составляющих дополнительной погрешности в эксплуатационных условиях следует определить математические ожидания каждого влияющего фактора отдельно в зимний и летний периоды по формуле

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{\ell}, \quad (10)$$

где  $\varphi_i$  - значение влияющего фактора  $i$ -го измерения в месте установки средств измерения;

$\ell$  - число измерений влияющего фактора за интервал усреднения.

Оптимальным является интервал усреднения, равный двум месяцам соответственно в летний и зимний периоды. Измерения следует проводить через каждые 4 ч.

По полученным значениям математического ожидания каждого внешнего фактора определяется составляющая дополнительной погрешности по НТД на средства измерений, значение которой подставляется в формулу (9).



Пример оценки погрешности измерения (регистрации) температуры свежего пара приведен в справочном приложении 2.

Для получения более точных оценок погрешности измерений температуры свежего пара может быть использован экспериментальный метод с обработкой результатов измерений по ГОСТ 8.207-76.

#### 7. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

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

- выполнению измерений - электрослесарь 3-го или 4-го разрядов;
- обработке результатов измерений - техник или инженер-метролог.

#### 8. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При эксплуатации системы измерения температуры свежего пара необходимо соблюдать требования "Правил техники безопасности при обслуживании устройств тепловой автоматики, теплотехнических измерений и защиты" (М.: Атомиздат, 1974).

Приложение I  
Рекомендуемое

#### СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА

Наименование	Тип	Предел измерения, °С	Основная допускаемая погрешность	Условное обозначение градуировочной характеристики	Завод-изготовитель
Термометр термоэлектрический	ТХА-0179	От -50 до +600	По ГОСТ 3044-84	ХА <sub>68</sub>	Луцкий приборостроительный завод
Автоматический потенциометр	КСП-4	200-600	0,25 по показаниям 0,5 по регистрации	ХА <sub>68</sub>	Московский завод "Манометр" г.Иошкар-Ола, завод измерительных приборов
Измерительный преобразователь	ИП78	200-600	0,4	ХА <sub>68</sub>	ПО "Макроприбор", г.Львов

Приложение 2  
Справочное

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА

Исходные данные

Измерение температуры свежего пара осуществляется комплектом, состоящим из термоэлектрического термометра ТХА-0179 и автоматического самопишущего потенциометра КСП4, соединение термоэлектрического термометра с автоматическим потенциометром произведено термоэлектродными проводами типа М.

Количество паропроводов - 1.

Средняя температура окружающего воздуха на БЩУ в месте установки измерительных приборов равна 35°C.

Норма точности измерений ±2°C.

Оценка погрешности измерений

Оценка погрешности измерений температуры свежего пара производится по формулам (7-10).

По формуле (8) находится погрешность измерения температуры свежего пара при нормальных условиях.

Допускаемое отклонение градуировки термометра ТХА 0179 определяется по ГОСТ 3044-84:

$$\Delta E_T = \pm [0,16 + 2,0 \cdot 10^{-4} (t - 300)] = \pm [0,16 + 2,0 \cdot 10^{-4} (545 - 300)] =$$

$$= \pm 0,19 \text{ мВ,}$$

что соответствует  $\delta_T = \pm 4,8^\circ\text{C}$ .

Предел допускаемой погрешности записи автоматического потенциометра  $\delta_{\Pi} = 0,5\%$  или  $\Delta_{\Pi} = 2,0^\circ\text{C}$ .

Допускаемое отклонение ЭДС в паре между жилами проводов по ГОСТ 24335-80  $\Delta E_{T\Pi} = \pm 0,15 \text{ мВ}$ , что соответствует  $\Delta_{\text{лс}} = \pm 3,8^\circ\text{C}$ .

Результаты определения погрешности

Первичный преобразователь		Соединительная линия		Измерительный прибор			Влияющая величина		Обработка результата измерения	
Тип	Основная погрешность	Тип	Погрешность	Тип	Шкала	Основная погрешность записи, °C	Наименование	Погрешность от влияния, °C	Способ обработки	Погрешность обработки, °C
ТХА-0179	5,3	М	3,8	КСП4	200-600	2	Температура Напряжение	0,8 0,8	Планиметрирование	3,2

Погрешность обработки результатов измерения планиметром принимается по "Погрешности планиметрирования" / Войнич Е.В., Лебедев А.Т., Новиков В.А., Трошин Л.П., Баранов Л.А. (Измерительная техника 1982, № 8).  $\delta_{об} = 0,8\%$ , или  $\Delta_{об} = 3,2^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом,

$$\Delta_{н.у.} = \pm \sqrt{(4,8)^2 + 2^2 + (3,8)^2 + (3,2)^2} = \pm 7,2^{\circ}\text{C}.$$

Определение дополнительной погрешности производится по формуле (9).

Для автоматических потенциометров дополнительная погрешность от изменения температуры окружающего воздуха от  $20^{\circ}\text{C}$  до любой температуры в пределах от 5 до  $50^{\circ}\text{C}$  составляет 0,2% (ГСП). Приборы автоматические следящего уравнивания. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. З.9026-171 Т0), т.е.  $\Delta_1 = 0,8^{\circ}\text{C}$ .

Дополнительная погрешность от изменения напряжения питания силовой электрической цепи на плюс 22В и минус 33В от номинального значения не превышает 0,2%, т.е.  $\Delta_2 = 0,8^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом,

$$\Delta_{д} = \pm \sqrt{(0,8)^2 + (0,8)^2} = \pm 1,1^{\circ}\text{C}.$$

Следовательно, погрешность измерения температуры свежего пара в эксплуатационных условиях при обработке результатов измерения планиметром составляет

$$\Delta_{\Sigma} = \pm \sqrt{(7,2)^2 + (1,1)^2} = \pm 7,3^{\circ}\text{C}.$$

Результаты расчета сведены в таблицу.

Результат измерения температуры свежего пара выразится в виде  $545,0^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta$  от  $-7,3^{\circ}\text{C}$  до  $+7,3^{\circ}\text{C}$ ;  $P = 0,95$ .

измерений температуры свежего пара

Погрешность измерения

В нормальных условиях	Дополнительная	Суммарная
$\sqrt{(4,8)^2 + 2^2 + (3,8)^2 + (3,2)^2} = 7,2^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{(0,8)^2 + (0,8)^2} = 1,1^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{(7,2)^2 + (1,1)^2} = 7,3^{\circ}\text{C}$

