

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

---

**НОРМАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ  
ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ  
ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА  
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ,  
ОТПУСКАЕМОЙ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ  
И ПРЕДПРИЯТИЯМИ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ  
С ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ**



СНПО  
СОУЗТЕХЭНЕРГО  
Москва 1981

**НОРМАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ  
ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ  
ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА  
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ,  
ОТПУСКАЕМОЙ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ  
И ПРЕДПРИЯТИЯМИ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ  
С ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ**

УДК 536.5. :53. :621.3.099

Разработано Ивановским ордена "Знак Почета" энергетическим институтом им. В.И. Ленина (доктор техн. наук А.Т. ДЕБЕДЕВ, кандидаты техн. наук В.А. НОВИКОВ, Л.А. БАРАНОВ) и производственным объединением "Советэнерго" (инженеры Б.Г. ТИМИНСКИЙ, И.В. МАРКОВ).

© СПС Советэнерго, 1981.

Ответственный редактор Т.П. Леонова  
Литературный редактор М.Г. Половова  
Технический редактор Е.Н. Бевза  
Корректор Алексеева В.Д.

---

Подписано к печати 18 09 81	Формат 60x84 1/16
Печ. л. 0,75 (усл. печ. л. 0,7 ) Уч.-изд. л. 0,7	Тираж 1850 экз
Заказ № 300/81	Издат. 325/81
	Цена 11 коп

---

Производственная служба передового опыта и информации Советэнерго  
103020, Москва, Яценковский пер., д. 15

Участок оперативной полиграфии СПО Советэнерго  
Москва, ул. Ивана Яковлевича, д. 23, корп.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель начальника  
Главтехуправления

Д.Я. ШАМАРАКОВ

02 июля 1981 г.

Настоящий Нормативный материал устанавливает:

- норму точности измерения количества тепловой энергии (КТЭ), отпускаемой электростанциями и предприятиями тепловых сетей с горячей водой;
- методику оценки точности измерения КТЭ;
- методику выполнения измерения КТЭ.

Нормативный материал предназначен для использования проектными организациями, электростанциями и предприятиями тепловых сетей при проектировании и эксплуатации схем измерения количества тепловой энергии.

#### 1. Норма точности измерения КТЭ

При проектировании и эксплуатации схем измерения количества тепловой энергии должна быть обеспечена заданная точность измерения.

1.1. Нормой точности измерения КТЭ является интервал  $\Delta$ , в котором с вероятностью  $P = 0,95$  \* находится суммарная погрешность измерения, ГДж: 
$$\Delta = \frac{2\sigma_n}{100} Q, \quad (I)$$

где  $Q$  - количество тепла, отпущенного за отчетный период, ГДж;

$\sigma_n$  - оценка среднего квадратического отклонения результата измерения КТЭ, определяющая норму точности измерения, %.

1.2. Оценка среднего квадратического отклонения результата измерений должна находиться в пределах

---

\*ГОСТ 8.207-76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений.

$$\frac{500}{\sqrt{Ц Q_T}} < \sigma_H < \frac{1000}{\sqrt{Ц Q_T}} \quad (2)$$

где  $Ц$  - себестоимость тепловой энергии, руб/ГДж;  
 $Q_T$  - количество тепловой энергии, отпускаемой в год с горячей водой, ГДж;  
 $\sigma$  - оценка среднего квадратического отклонения результата измерений КТЭ, %.

Эти пределы определены из условий минимальных убытков ( $I$ ), складывающихся из убытков за счет применения средств с повышенной погрешностью ( $I_1$ ) и дополнительных затрат за счет применения более дорогостоящих средств с меньшей погрешностью измерений ( $I_2$ ).

1.3. Убытки  $I=I_1 + I_2$  могут быть оценены по империческим зависимостям

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= K_1 Ц Q_T \sigma^2 \text{ руб.}; \\ I_2 &= \frac{K_2}{\sigma} \text{ руб.}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $K_1$  - коэффициент потерь в производстве от неточности измерений (по статистическим и экспертным оценкам  $K_1$  изменяется в пределах 0,3 + 1,3);

$K_2$  - коэффициент затрат на измерение КТЭ, руб.·%. На основании анализа множества существующих средств измерений  $K_2 \approx 3000$  руб.·%.

1.4. Электростанции и предприятия тепловых сетей должны применять средства и схемы измерения КТЭ с оценкой среднего квадратического отклонения результата измерения в пределах, указанных формулой (2).

1.5. Если на современных серийно выпускаемых средствах измерения невозможно достичь точности в пределах, указанных формулой (2), то временно допускается применять методы, средства и схемы измерения КТЭ, обеспечивающие:

- для открытых однострунных тепломагистралей  $\sigma_H = 1\%$ ;
- для закрытых тепломагистралей  $\sigma_H = 2\%$ .

## 2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ КТЭ

2.1. Оценка среднего квадратического отклонения результата измерения количества отпущенной тепловой энергии с водой производится по формуле, %

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{q_1}^2 q_1^2 + \sigma_{q_2}^2 q_2^2 + \sigma_{q_3}^2 q_3^2}, \quad (4)$$

где

$$q_1 = \frac{Q_1}{Q}; \quad q_2 = \frac{Q_2}{Q}; \quad q_3 = \frac{Q_{\text{п}}}{Q}; \quad (5)$$

$Q_1$  - количество тепла, отпущенного за отчетный период в подающий трубопровод, ГДж;

$Q_2$  - количество тепла, вернувшегося за отчетный период по обратному трубопроводу, ГДж;

$Q_{\text{п}}$  - количество тепла, поступившего за отчетный период с подпиточной водой при температуре воды в холодном источнике водоснабжения, ГДж;

$Q$  - количество тепла, отпущенного с водой за отчетный период, ГДж;

$\sigma_{q_1}, \sigma_{q_2}, \sigma_{q_3}$  - оценки среднего квадратического отклонения результата измерения теплового потока по каждому трубопроводу тепломагистрали, %.

2.2. При учете тепловой энергии приборами, отдельно фиксирующими расход и температуру воды с последующей ручной обработкой результатов измерений, справедлива формула

$$\sigma_G^2 = \sigma_G'^2 + \sigma_t'^2 + \sigma_{qM}^2, \quad (6)$$

где  $\sigma_G'$  и  $\sigma_t'$  - оценки средних квадратических отклонений результатов измерений расхода и температуры воды, %;

$$\sigma_G'^2 = \sigma_{GN}^2 + \sigma_{GN}^2; \quad (7)$$

$$\sigma_t'^2 = \sigma_{tN}^2 + \sigma_{tN}^2; \quad (8)$$

- $\sigma_{\text{ГН}}$  - оценка средней квадратической инструментальной погрешности измерения расхода воды, %.  
 Определяется либо по "Правилам 28-64. Измерение расхода воды, газов и паров стандартными диафрагмами и соплами" (М.: Издательство стандартов, 1964), либо может быть принята равной 1,3%;
- $\sigma_{\text{тН}}$  - оценка средней квадратической инструментальной погрешности измерения температуры воды. Может быть принята равной 0,5%;
- $\sigma_{\text{ГП}}$  и  $\sigma_{\text{тП}}$  - оценки средних квадратических погрешностей планирования суточных диаграмм расхода и температуры воды, могут быть приняты равными.  $\sigma_{\text{ГП}} = 1,45\%$ ;  $\sigma_{\text{тП}} = 0,80\%$ ;
- $\sigma_{\text{QM}}$  - оценка средней квадратической методической погрешности измерения теплового потока, %:

$$\sigma_{\text{QM}} = \frac{33 \Delta t}{t_{\text{CP}} - 0,5 \Delta t} \quad (9)$$

где  $t_{\text{CP}}$  - средняя за отчетный период температура воды, °C;  
 $\Delta t$  - максимальный диапазон изменения температуры воды за сутки, °C.

2.3. При учете тепловой энергии приборами с автоматическим непрерывным умножением расхода воды на ее температуру и последующим автоматическим интегрированием

$$\sigma_{\text{Q}}^2 = \sigma_{\text{ГН}}^2 + \sigma_{\text{тН}}^2 + \sigma_{\text{Г}}^2 \quad (10)$$

где  $\sigma_{\text{Г}}$  - оценка средней квадратической погрешности вычислительных операций (нормирования, умножения, суммирования, интегрирования и др.);

$\sigma_{\text{ГН}}$ ,  $\sigma_{\text{тН}}$  - оценки средних квадратических инструментальных погрешностей измерения расхода и температуры воды без учета погрешностей измерительных приборов, могут быть приняты соответственно равными 0,8 и 0,3%.

### 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ КТЭ

3.1. Учет КТЭ можно осуществлять любыми средствами измерения и по любым схемам измерения, которые предусмотрены "Инструкцией по учету отпуска тепла электростанциями и предприятиями тепловых сетей" (М.: Энергия, 1976), а также автоматическими тепломерами (например, ТС-20), схемами на микропроцессорах и другими, но при этом величина  $\epsilon$  должна удовлетворять требованиям пп. I.4, I.5.

3.2. В приложении в качестве примера приведена схема измерения КТЭ на серийно выпускаемых отечественной промышленностью приборах, обеспечивающая  $\epsilon \approx 1,5\%$ .

#### Приложение

1. Схема измерения КТЭ на серийно выпускаемых средствах измерения, обеспечивающая  $\epsilon \approx 1,5\%$ , приведена на рисунке.

2. Схема измерения реализует формулу

$$Q = c_g \int_0^T [G_1(\tau) t_1(\tau) - G_2(\tau) t_2(\tau) - G_n(\tau) t_{x,\beta}(\tau)] d\tau \cdot 10^{-3},$$

где  $G_1(\tau), G_2(\tau), G_n(\tau)$  - расходы прямой, обратной и подпиточной воды, т/ч;

$t_1(\tau), t_2(\tau), t_{x,\beta}(\tau)$  - температуры прямой, обратной и исходной воды в холодном источнике теплоснабжения, °С;

$c_g$  - удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

$T$  - отчетный период, ч;

$\tau$  - текущее время.

3. Схема основана на установке однотипных комплектов измерительных приборов на каждом из трубопроводов. Количество устанавливаемых комплектов измерительных приборов определяется технологической схемой теплоснабжения.

Приборы расхода 7 и температуры воды 8 предназначены для оперативного контроля при управлении режимом работы тепловой магистрали и периодического эксплуатационного контроля всей схемы автоматического учета КТЭ.

Дополнительно к указанным на рисунке средствам измерения функциональная схема теплотехнического контроля тепловой магистрали должна быть оснащена приборами в соответствии с "Руководящими указаниями по объему оснащения тепловых электрических станций кон-





трольно-измерительными приборами, средствами автоматического регулирования, технологической защиты, блокировки и сигнализации" (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1969) для оперативного контроля при управлении режимом работы тепловой магистрали.

4. Номенклатура рекомендуемых средств измерения и их метрологические характеристики приведены в таблице.

5. Количество тепловой энергии, отпущенной за расчетный период, определяется по показаниям счетчика интегратора II

$$Q = m_Q (n_1 - n_2) ,$$

где  $n_1, n_2$  - показания счетчика интегратора в начале и в конце расчетного периода;

$m_Q$  - постоянная счетчика, определяемая по номинальным статическим характеристикам преобразования средств измерений КТЭ.

Номинальные статические характеристики преобразования должны быть линейными в рабочем диапазоне или линеаризованы с помощью функциональных блоков нелинейных преобразователей.

Для линейных номинальных статических характеристик преобразований

$$m_Q = \frac{c_B \cdot 10^{-3}}{m_1 m_3 m_6 m_9 m_{10} m_{11}} ,$$

где  $c_B$  - удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

$m_1$  - номинальный коэффициент преобразования термпреобразователя сопротивления I ГСП, Ом/°С;

$m_3$  - номинальный коэффициент преобразования сушающего устройства 2 и дифманометра 3, мА/(т/ч);

$m_6$  - номинальный коэффициент преобразования нормирующего преобразователя 6, мА/Ом;

$m_9$  - номинальный коэффициент преобразования блока умножения 9, мА/(мА)<sup>2</sup>;

$m_{10}$  - номинальный коэффициент преобразования сумматора 10, мА/мА;

$m_{11}$  - номинальный коэффициент преобразования интегратора II, численно равный отношению изменения показаний счетчика  $n$  в час при подаче на вход интегратора токового сигнала I мА, ед/(мА·ч).

НОМЕНКЛАТУРА РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

№ позиции (см. рисунок)	Наименование и назначение	Тип	Метрологические характеристики	Количество, шт.
1	2	3	4	5
1а; 1б; 1в	Термопреобразователь сопротивления РСН для измерения температуры воды	ТСП-6097	Градусовка 100Л. Класс точности 1	3
2а; 2б; 2в	Сужающее устройство для измерения расхода воды	ДБ-0,25*	Доверительная граница погрешности результата измерения $\Delta = 1\%$ при доверительной вероятности $P = 0,95$	3
3а; 3б; 3в	Дифманометр для измерения расхода воды	ДМЭР	Предел основной допустимой погрешности - 1,5%	3
4а; 4б; 4в	Защитные диодные устройства для защиты от разрыва токовой цепи при отключении потребителей	ВО1	-	6
5а; 5б; 5в	Нормирующие преобразователи для линейного преобразования пропорционального сигнала	ИП-ТС-68	Предел основной допустимой погрешности - 0,6%	3
6а; 6б; 6в	Измерительный прибор показывающий самопишущий для измерения температуры и расхода воды	КСУ-2-003	Входной сигнал постоянного тока 0-5 мА. Основная погрешность не более 0,5% диапазона измерения. Вариация показаний не более 0,5 абсолютного значения допустимой погрешности показаний. Основная погрешность записи не более 1% верхнего предела измерения	6

9а; 9б; 9в	Блок уменьшения для определения мгновенного расхода КТЭ по трубопроводам	АЗ1	<p>формула преобразования, мА:  <math>I_{\text{вых}} = 0,2 I_1 I_2</math></p> <p>Основная погрешность преобразования не более 1% верхнего предела выходного сигнала</p>	3
10	Блок суммирования токовых сигналов для определения мгновенного расхода отпущенного КТЭ	АО4	<p>Номинальная статическая характеристика преобразователя, мА:</p> $I_{\text{вых}} = \sum_{i=1}^n K_{ni} \frac{I_{\text{вх}i}}{I_{\text{см}}}$	1
11	Интегратор для учета КТЭ	С-1М	<p>Основная погрешность интегратора в диапазоне изменения входного сигнала от 0,5 до 5 мА (не более +0,25% измеряемой величины)</p>	1

\*0,25 - условный диаметр трубопровода по ГОСТ 355-67.

6. Оценка погрешности измерения.

6.1. Исходные данные для оценки погрешности учета ИТЭ определяются метрологическими характеристиками средств измерения и результатами их поверки.

6.2. Систематическая составляющая погрешности измерения должна быть исключена из результата измерения путем регулировки средств измерения и введения поправок. Неисключенные систематические погрешности средств измерения и погрешности поправок должны рассматриваться как случайные величины.

6.3. Оценка среднего квадратического отклонения результата измерения отпущенной тепловой энергии, %:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{см}^2 + \sigma_{ин}^2 + \sum_{i=1}^3 q_i^2 (\sigma_{тс_i}^2 + \sigma_{нп_i}^2 + \sigma_{су_i}^2 + \sigma_{дм_i}^2 + \sigma_{бу_i}^2)},$$

где

$$q_i = \frac{Q_i}{Q};$$

$Q_1$  - количество тепла, отпущенного за отчетный период в подающий трубопровод, ГДж;

$Q_2$  - количество тепла, вернувшегося за отчетный период по обратному трубопроводу, ГДж;

$Q_3 = Q_n$  - количество тепла, поступившего за отчетный период с подпиточной водой при температуре воды в холодном источнике водоснабжения, ГДж. Значения  $Q_i$  берутся средними за год из расчета тепломагистрали;

$\sigma_{су_i}$  - оценка среднего квадратического отклонения результата измерения расхода воды сужающим устройством в  $i$ -м трубопроводе, определяется расчетным путем по Правилам 28-64, %;

$\sigma_{см}, \sigma_{ин}, \sigma_{тс_i}, \sigma_{нп_i}, \sigma_{дм_i}, \sigma_{бу_i}$  - оценки средних квадратических отклонений результатов измерений сумматором, интегратором, термопреобразователем сопротивления ГСП, нормирующим преобразователем, дифманометром и блоком умножения, берутся равными 1/2 от доверительных границ погрешностей результатов измерения соответствующими средствами измерений, определенных на основании метрологических характеристик средств измерений и результатов поверки.