

---

ИНЖЕНЕРНО-ВНЕДРЕНЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«КРЕЙТ»

**Преобразователь расчетно-измерительный  
ТЭКОН-19Б**

**Алгоритмы расчета**

**Т10.06.212 РР**



Екатеринбург

2010

---



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>1 ИЗМЕРЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН .....</b>	<b>5</b>
1.1 ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ.....	5
1.2 ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИМПУЛЬСОВ .....	6
1.3 ВЫЧИСЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	6
1.4 ОГРАНИЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА.....	8
<b>2 ПРИНЦИПЫ НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ.....</b>	<b>9</b>
2.1 ИНТЕГРИРОВАНИЕ .....	9
2.2 ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ.....	11
<b>3 ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ .....</b>	<b>12</b>
3.1 АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА.....	12
3.2 ПРИВЕДЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ.....	12
3.3. ПЛОТНОСТЬ В РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ .....	12
<b>4 ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛОИМПУЛЬСНЫХ ДАТЧИКОВ РАСХОДА.....</b>	<b>13</b>
4.1 ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛГОРИТМОВ.....	13
4.2 РАСЧЕТ И НАКОПЛЕНИЕ МАССОВОГО И ОБЪЕМНОГО РАСХОДОВ.....	14
4.3 РАСЧЕТ И НАКОПЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	15
<b>5 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ.....</b>	<b>17</b>
5.1 ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ВОДЫ .....	17
5.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ТРУБОПРОВОДЕ .....	18
5.3 ЗАКРЫТАЯ ВОДЯНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	19
5.4 ОТКРЫТАЯ ВОДЯНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	20
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>22</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ содержит сведения обо всех расчетных формулах, применяемых в преобразователе расчетно-измерительном ТЭКОН-19Б при вводе информации с измерительных преобразователей (датчиков), ее преобразовании, вычислении и накоплении расхода и количества тепловой энергии в трубопроводах, а также для расчета количества электроэнергии.

В документе описан способ расчета расхода для следующих сред:

- вода (объем и масса),
- другие жидкости и газы в рабочих условиях (объем).

Расход вычисляется только с использованием датчиков расхода с число-импульсным выходом.

Описан способ расчета количества тепловой энергии для воды.

При применении стандартных формульных зависимостей в тексте сделаны ссылки на номер источника согласно перечню ссылочной документации, и, в ряде случаев, на конкретный номер формулы в нем.

Описан способ расчета количества электроэнергии при использовании счетчиков с числоимпульсным выходом при однотарифной и двухтарифной схемам учета.

Данный документ соответствует версии алгоритмов расчета 02 и версии программы 12.

## 1 ИЗМЕРЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 1.1 Измерение сопротивления

1.1.1 Измерение сопротивления ИП производится, с точки зрения базы данных системы ТЭКОН-19Б, в постоянно присутствующем алгоритме 0411 «измерение сопротивления».

1.1.2 Для измерения аналоговых параметров в ТЭКОН-19Б используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП), построенный на принципе «сигма-дельта» преобразования. Во входной цепи измерительного тракта АЦП установлен линейный усилитель с перестраиваемым коэффициентом усиления. Все измерительные каналы последовательно, один за другим, подключаются ко входу АЦП, и производится их аналого-цифровое преобразование.

1.1.3 Вычисление реальных значений измеряемых сопротивлений производится по отношению полученного кода к значению кода, определяемого эталонным сопротивлением, выполняющего роль опорного напряжения для АЦП и соответствующего максимально возможной величине измеряемого сопротивления.

1.1.4 На каждом фоновом цикле программы вычисляются реальные значения измеренных на данном цикле сопротивлений. Мгновенное значение сопротивления на каждом измерительном канале вычисляется по формуле:

$$R_{i\text{ИЗМ}} = \text{float}(Z_i / 2^{15}) \cdot R_{\text{ЭТ}} / K_{\text{УС}} - dK_{\text{УС}} - dR_i, \quad (1.1)$$

где

$R_{i\text{ИЗМ}}$  - измеренное входное сопротивление канала «i», Ом

$Z_i$  - двоичный код АЦП на канале «i»

float - функция перевода целого числа в формат с плавающей запятой

$R_{\text{ЭТ}}$  - эталонное сопротивление, Ом

$K_{\text{УС}}$  - текущий коэффициент усиления АЦП

$dK_{\text{УС}}$  - смещение коэффициента усиления АЦП, Ом

$dR_i$  - смещение нуля канала с номером «i», Ом.

Эталонное сопротивление  $R_{\text{ЭТ}}$  является заводской константой (параметр 0124), величина которой соответствует 2400 Ом с учетом погрешности заявленной производителем электронных компонентов. Для повышения точности преобразования весь диапазон измеряемых сопротивлений от 0 до 1000 Ом разбит на три поддиапазона, ширина которых регулируется заводской константой «порог переключения» (параметр 0103). Расчетное значение коэффициента усиления АЦП равно 1, 8, 64 для больших, средних и малых значений измеряемых сопротивлений соответственно. Точное значение коэффициента усиления и возможное смещение характеристики при измерении на данном коэффициенте задается заводскими константами  $K_{\text{УС}}$  (параметры 0104-0106) и  $dK_{\text{УС}}$  (параметры 0125-0127). Заводские константы  $dR_i$  (параметры 0128+i) компенсируют возможное смещение нуля данного канала и обычно близки к нулю.

Измеренные значения сопротивлений на каналах  $R_{i\text{ИЗМ}}$  помещаются в кольцевые буфера на 8 позиций каждый как  $R_{ij}$ , где «j» при каждом замере последовательно принимает значения от 0 до 7.

1.1.5 Для сглаживания шумов и случайных выбросов производится цифровая фильтрация напряжения каждого канала. В начале каждого фонового цикла вычисляется среднеарифметическое значение напряжения  $R_i$  по последним 8 замерам, взятым из кольцевого буфера:

$$R_i = \left( \sum_{j=0}^7 R_{ij} \right) / 8 \quad (1.2)$$

Значение  $R_i$  запоминается на данный цикл в качестве служебного параметра с номером 0404+i, где  $i=0..2$ .

## ***1.2 Измерение количества импульсов***

1.2.1 Измерение количества импульсов производится, с точки зрения базы данных системы ТЭКОН-19Б, в постоянно присутствующем алгоритме 0413 «измерения импульсные». С точки зрения программы ТЭКОН-19Б, этот алгоритм существует, но разбит на ряд самостоятельных подпрограмм, выполняющихся под управлением базовой операционной системы в различные моменты времени.

1.2.2 Для каждого из имеющихся импульсных входов программно - аппаратно ведется два независимых счетчика количества входных импульсов для подсчета числа импульсов.

1.2.3 Первый счетчик (параметр 0410-0414) определяет число импульсов, поступившее на вход «i» в течение последнего цикла основной программы. Он представляет собой целое двухбайтовое число без знака  $N_{\text{ИМПЦИ}}$ , счет ведется на каждом цикле программы с нуля. Параметр обновляется один раз в начале каждого цикла программы и может использоваться алгоритмами расчета расхода по показаниям датчиков с числоимпульсными выходами.

1.2.4 Второй счетчик (параметр 0208-020С) имеет чисто служебное назначение и является общим счетчиком пришедших по каждому каналу импульсов. Он представляет собой целое двухбайтовое число без знака, счет ведется по кольцу от 0 до 65535, и снова с нуля. Параметр обновляется один раз в течение каждого цикла программы.

## ***1.3 Вычисление температуры***

1.3.1 Алгоритм с номером 0412 вычисляет значение температуры в градусах Цельсия по величине текущего сопротивления и заданным характеристикам термопреобразователя сопротивления, а также проверяет соответствующую измерительную цепь на отсутствие обрыва. Алгоритм работает с термо-

преобразователями с любым номинальным сопротивлением при 0°C ( $R_0$ , Ом), следующих типов:

- медный ТСМ, характеристика  $W_{100} = 1,428$  и  $W_{100} = 1,426$ ;
- платиновый ТСП, характеристика  $W_{100} = 1,385$  и  $W_{100} = 1,391$ .

1.3.2 Для вычисления температуры используется вычисленная согласно формулам (1.1) и (1.2) величина текущего сопротивления  $R_{TC}$ , Ом. Настройка производится заданием по паспортным характеристикам термопреобразователя величин  $R_0$  и  $W_{100}$ , а также параметра замены при обрыве  $t_{ЗАМ}$ . Выходные параметры – текущая температура  $t$  в градусах Цельсия и битовый признак обрыва  $Y$ .

1.3.3 Тип термопреобразователя определяется алгоритмом автоматически по заданному значению  $W_{100}$ :

- |                         |             |                              |         |
|-------------------------|-------------|------------------------------|---------|
| • ТСП с $W_{100}=1,385$ | при задании | $W_{100}<1,388$              | } (1.3) |
| • ТСП с $W_{100}=1,391$ | при задании | $1,388 \leq W_{100} < 1,400$ |         |
| • ТСМ с $W_{100}=1,426$ | при задании | $1,400 \leq W_{100} < 1,427$ |         |
| • ТСМ с $W_{100}=1,428$ | при задании | $W_{100} \geq 1,427$ .       |         |

1.3.4 Аналитическое решение уравнения зависимости сопротивления от температуры  $R_{TC}(t)$  относительно искомой температуры заменено кусочно-линейной аппроксимацией по таблице 1.1, представляющей собой взятую из [3] выборку зависимости величины  $W$  от температуры с постоянным шагом 10 градусов Цельсия в расширенном рабочем диапазоне.

Для аппроксимации выбирается интервал, на котором значение функции  $W$  удовлетворяет условию:

$$W_{min} \leq W < W_{max}, \text{ где} \quad (1.4)$$

$$W = R_{TC} / R_0 \quad (1.5)$$

$R_0$  – паспортное сопротивление при 0 градусов Цельсия,

$W_{min}$  – значение функции при минимальной температуре интервала по таблице 1.1,

$W_{max}$  – значение функции при максимальной температуре интервала по таблице 1.1.

Вычисление температуры в градусах Цельсия производится по формуле:

$$t_{РАСЧ} = t_{min} + \frac{W - W_{min}}{W_{max} - W_{min}} \cdot dt, \quad (1.6)$$

где

$t_{min}$  – минимальное значение температуры на интервале по таблице 1.1,

$dt = 10^\circ\text{C}$  – постоянный шаг аппроксимации по температуре (1.7)

1.3.5 Для любого типа термопреобразователя проводится контроль обрыва измерительной цепи и устанавливается выходной битовый признак обрыва  $Y$  по условию:

$$Y = \begin{cases} 0 & \text{при } 0,5R_0 < R_{TC} < 4,0R_0 \\ 1 & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (1.8)$$

Таблица 1.1 – Значения функции  $W=R_v/R_0$ 

t, °C	ТСП		ТСМ	
	1.391	1.385	1.428	1.426
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
10	1.0396	1.0390	1.0428	1.0426
20	1.0792	1.0779	1.0856	1.0852
30	1.1186	1.1167	1.1283	1.1278
40	1.1578	1.1554	1.1711	1.1705
50	1.1970	1.1940	1.2139	1.2131
60	1.2361	1.2324	1.2567	1.2557
70	1.2750	1.2708	1.2994	1.2983
80	1.3138	1.3090	1.3422	1.3409
90	1.3525	1.3471	1.3850	1.3835
100	1.3911	1.3851	1.4278	1.4262
110	1.4296	1.4229	1.4705	1.4688
120	1.4679	1.4607	1.5133	1.5114
130	1.5061	1.4983	1.5561	1.5540
140	1.5443	1.5358	1.5989	1.5966
150	1.5823	1.5733	1.6416	1.6392
160	1.6202	1.6105	1.6844	1.6819
170	1.6579	1.6477	1.7272	1.7245
180	1.6956	1.6848	1.7700	1.7671
190	1.7331	1.7217	1.8127	1.8097
200	1.7705	1.7586	1.8555	1.8523

1.3.6 При наличии обрыва в качестве выходной величины подставляется задаваемое при настройке значение параметра  $T_{ЗАМ}$  «замена при обрыве»:

$$T = \begin{cases} T_{РАСЧ} & \text{при } Y=0 \\ T_{ЗАМ} & \text{при } Y=1 \end{cases} \quad (1.9)$$

#### 1.4 Ограничение параметра

1.4.1 Имеющийся в базе данных ТЭКОН-19Б алгоритм 0423 позволяет ограничить значение любого выбранного параметра в заданных при настройке пределах в соответствии с рисунком 1.4. Выход параметра за допустимое значение сопровождается установкой одного из двух битовых признаков «выход за допуск».



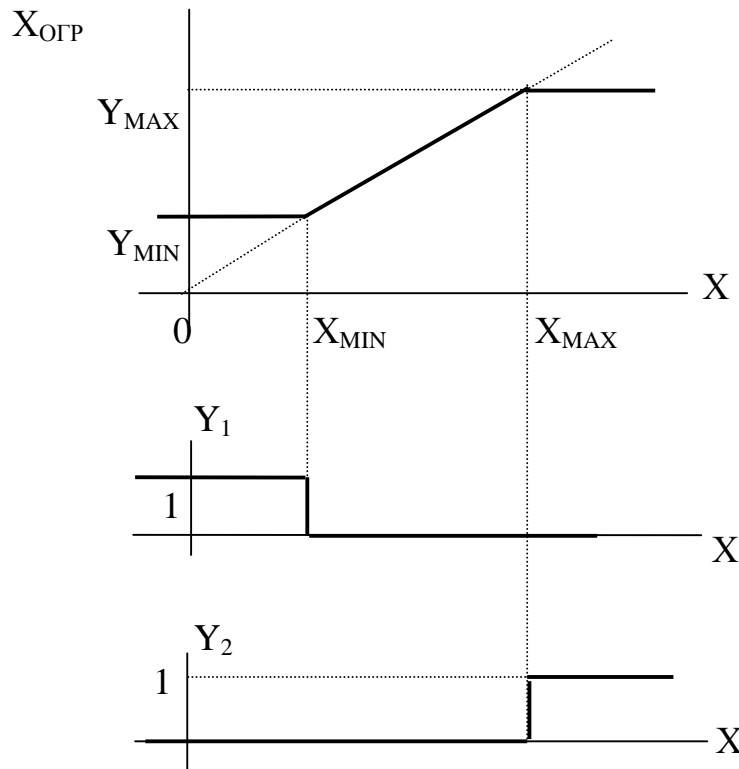


Рисунок 1.4

1.4.2 Алгоритм имеет один входной параметр  $X$ , подлежащий ограничению, один выходной параметр  $X_{\text{ОГР}}$  с плавающей запятой как ограниченное значение параметра, два битовых выходных параметра  $Y_1$  и  $Y_2$ , сигнализирующих о выходе за нижний и верхний допуск соответственно. Два параметра настройки  $X_{\text{MIN}}$  и  $X_{\text{MAX}}$  определяют допустимые границы, другие два параметра настройки  $Y_{\text{MIN}}$  и  $Y_{\text{MAX}}$  (в общем случае их значения могут и не совпадать с  $X_{\text{MIN}}$  и  $X_{\text{MAX}}$ ) определяют значения выходного параметра при выходе за допуск.

1.4.3 Расчетные формулы алгоритма ограничения имеют следующий вид:

$$X_{\text{ОГР}} = \begin{cases} Y_{\text{MIN}} & \text{при } X < X_{\text{MIN}} \\ X & \text{при } X_{\text{MIN}} \leq X \leq X_{\text{MAX}} \\ Y_{\text{MAX}} & \text{при } X > X_{\text{MAX}} \end{cases} \quad (1.10)$$

$$Y_1 = \begin{cases} 1 & \text{при } X < X_{\text{MIN}} \\ 0 & \text{при } X \geq X_{\text{MIN}} \end{cases} \quad (1.11)$$

$$Y_2 = \begin{cases} 0 & \text{при } X \leq X_{\text{MAX}} \\ 1 & \text{при } X > X_{\text{MAX}} \end{cases} \quad (1.12)$$

## 2 ПРИНЦИПЫ НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

### 2.1 Интегрирование

Для интегрирования любых накапливаемых параметров (расход, количество тепловой энергии, время работы) в алгоритмах ТЭКОН-19Б применены следующие принципы:

2.1.1 Интегрирование выполняется путем сложения предыдущего значения накапливаемого параметра с его приращением на данном цикле основной программы:

$$G_{\text{инт}}_N = G_{\text{инт}}_{N-1} + dG_{\text{ц}}_N \quad (2.1)$$

где

$G_{\text{инт}}_N$  - значение накапливаемого параметра на текущем, N-м цикле

$G_{\text{инт}}_{N-1}$  - значение параметра на предыдущем, (N-1)-м цикле

$dG_{\text{ц}}$  - приращение параметра на текущем цикле.

Здесь и далее под обозначением «Гинт» понимается любой накапливаемый параметр – расход в единицах объема  $G_V$  (м<sup>3</sup>), расход в единицах массы  $G_m$  (тонны), расход электроэнергии  $W$  (кВтч), время работы  $t_p$  (часов) и т.п. Индексы номера цикла «N» и «N-1» далее, как правило, опускаются.

2.1.2 Для сохранения точности суммирования независимо от величины накапливаемого параметра, любые накапливаемые значения хранятся в виде трех отдельных параметров в формате с плавающей ой каждый. Два связанных между собой параметра  $G_{\text{цел}}$  и  $G_{\text{др}}$  хранят отдельно целую и дробную части накапливаемого значения. Целая часть  $G_{\text{цел}}$  наращивается только в том случае, если сумма приращения на цикле  $dG_{\text{ц}}$  и предыдущей дробной части  $G_{\text{др}}$  превысила единицу. При превышении целой частью числа  $10^6$  счет ее начинается снова с нуля без потери дробной части.

Использовать для учета отдельные значения целой и дробной части неудобно. Поэтому эти параметры «спрятаны» от пользователя во вспомогательном внутреннем массиве, а параллельно им в алгоритме имеется третий параметр Гинт, который в любой момент представляет собой мгновенную сумму целой и дробной частей накопленного значения; он и является действительно выходным коммерческим параметром. Таким образом, вычисления по формуле (2.1) в действительности заменены следующей цепочкой вычислений:

$$\left. \begin{aligned} G_{\text{др}}_N &= \text{Mod}1(G_{\text{др}}_{N-1} + dG_{\text{ц}}_N) \\ G_{\text{цел}}_N &= \text{Mod}10^6(G_{\text{цел}}_{N-1} + \text{Int}(G_{\text{др}}_{N-1} + dG_{\text{ц}}_N)) \\ G_{\text{инт}}_N &= G_{\text{цел}}_N + G_{\text{др}}_N, \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

где

$\text{Int}(X)$  - символ функции выделения целой части числа  $X$

$\text{Mod } M(X)$  - символ функции взятия остатка от числа  $X$  по модулю  $M$ .

2.1.3 Алгоритм расчета расхода 041С, использующий сигналы от ИП с числовыми выходами, приращение расхода на текущем цикле  $dG_{\text{ц}}$  определяют непосредственно по количеству импульсов  $N_{\text{ц}}$ , пришедшему за цикл, с учетом «веса» импульса. Мгновенное значение «мощности» расхода (ед/час) не вычисляется.

2.1.4 Для отдельного учета интегрируемого параметра по часам, суткам, месяцам необходимо применить дополнительный алгоритм накопления по от-

резкам времени с номером 041А по базе данных. Его входным параметром должно являться приращение требуемого параметра на цикле; принцип накопления на каждом отрезке времени аналогичен вышеописанному в 2.1.2. Кроме того, для удобства работы этот алгоритм вычисляет еще среднее значение «часовой мощности» на расчетном интервале (5 минут) по принципам, изложенным далее в 2.2.3. По окончании отрезка всем накопленным параметрам присваивается нулевое значение, и счет начинается заново.

## 2.2 Вычисление средних значений

2.2.1 Для вычисления средних значений любых параметров за расчетный интервал длительностью 5 минут, за час, сутки или месяц, необходимо применить алгоритм усреднения мгновенного значения на этих отрезках времени. Его номер по базе данных 041В, а входным параметром обычно является мгновенное значение параметра на цикле, например, температура, мощность расхода и т.п.

2.2.2 Принцип вычисления среднеарифметического значения  $X_{\text{сред}}$  – накопление на каждом цикле суммы « $X_{\text{сум}}$ » мгновенных значений усредняемого параметра « $X$ » в пределах каждого отрезка времени аналогично 2.1.2, подсчет числа циклов программы « $N$ » на этом отрезке и деление суммы замеров на число циклов:

$$\left. \begin{aligned} N &= N + 1 \\ X_{\text{сум}} &= X_{\text{сум}} + X \\ X_{\text{сред}} &= X_{\text{сум}}/N \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

В момент окончания отрезка вычисленное среднее значение переносится в качестве параметра «среднее за предыдущий отрезок времени», затем всем накопленным на отрезке параметрам присваивается нулевое значение, и счет на новом отрезке начинается заново.

2.2.3 Как указано в 2.1.4, алгоритм накопления 041А дополнительно вычисляет на каждом расчетном интервале среднечасовое значение мощности расхода  $X_{\text{ср}}$  в ед/час. Усреднение производится по времени с использованием формул:

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{ри}} &= T_{\text{ри}} + dt_{\text{ц}} \\ X_{\text{ср}} &= X_{\text{ри}} / T_{\text{ри}}, \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

где  $T_{\text{ри}}$  – время от начала текущего расчетного интервала (5 минут), часов;  
 $X_{\text{ри}}$  – расход, накопленный с начала интервала по 2.1.1 – 2.1.3.

### 3 ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ

#### 3.1 Абсолютная температура

Абсолютная температура  $T_A$ , градусов Кельвина, рассчитывается по формуле:

$$T_A = T_C + 273,15. \quad (3.1)$$

#### 3.2 Приведенные параметры

##### 3.2.1 Вода [1,2]

Приведенное абсолютное давление  $\pi$  определяется по формуле

$$\pi = P_A / 22,064. \quad (3.2)$$

Приведенная температура  $\tau$  определяется по формуле

$$\tau = T_A / 647,14. \quad (3.3)$$

#### 3.3. Плотность в рабочих условиях

Плотность воды в рабочих условиях  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, определяется в соответствии с [1] по формуле

$$\begin{aligned} \rho = 10^3 / \{ & 114,332*\tau - 431,6382 + 706,5474*\tau^{-1} - 641,9127*\tau^{-2} + \\ & + 349,4417*\tau^{-3} - 113,8191*\tau^{-4} + 20,5199*\tau^{-5} - 1,578507*\tau^{-6} + \\ & + \pi*(-3,117072 + 6,589303*\tau^{-1} - 5,210142*\tau^{-2} + 1,819096*\tau^{-3} - \\ & - 0,2365448*\tau^{-4}) + \pi^2*(-6,417443*\tau + 19,84842 - 24,00174*\tau^{-1} + \\ & + 14,21655*\tau^{-2} - 4,13194*\tau^{-3} + 0,4721637*\tau^{-4}) \}. \end{aligned} \quad (3.4)$$

## 4 ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛОИМПУЛЬСНЫХ ДАТЧИКОВ РАСХОДА

### 4.1 Общие характеристики алгоритмов

4.1.1 Алгоритмы 041С и 0428 предназначены для работы с датчиками расхода, имеющими числоимпульсный выход, причем количество импульсов пропорционально интегральному расходу, для жидкостей и газов в рабочих условиях (алгоритм 0428) - только в объемных единицах ( $\text{м}^3$ ). Алгоритм расчета расхода воды допускает применение датчика, проградуированного и в единицах массы (тонны). Этот алгоритм выполняет расчет общих накопленных значений расходов ( $\text{м}^3$ , т) с коррекцией по температуре и давлению среды. Текущие значения «мощности» расхода в единицах за час не вычисляются. Для их оценки можно подключить алгоритм накопления по отрезкам времени 041А, который попутно вычисляет средние значения за расчетный интервал (5 минут).

4.1.2 Сюда же относятся алгоритмы расчета количества электроэнергии в единицах измерения первичного счетчика (например, кВтч для активной составляющей потребленной электроэнергии).

4.1.3 Полный список алгоритмов расчета расхода данной группы, имеющийся в базе данных ТЭЖОН-19Б, приведен в таблице 4.1; перечень их входных и выходных параметров - в таблицах 4.2 и 4.3.

Таблица 4.1 – алгоритмы расчета с числоимпульсными датчиками расхода

Номер алгоритма по БД	Измеряемая среда
041С	Вода
0428	Жидкости и газы
0425	Электроэнергия, 1 тариф
0426	Электроэнергия, 2 тарифа

Таблица 4.2 – параметры алгоритма расчета с числоимпульсными датчиками расхода (кроме электроэнергии)

Условное обозначение	Наименование	Применение в алгоритмах
	Датчик масса \ объем	041С
$G_{\text{НОМ}}$	Вес импульса, единиц ( $\text{м}^3$ , т)	041С,0428
$N_{\text{ИМПЦ}}$	Число импульсов, пришедшее за цикл	041С,0428
$T_{\text{С}}$	Температура, °С	041С
$P_{\text{А}}$	Давление абсолютное, МПа	041С
$dG_{\text{V}}$	Приращение объемного расхода за цикл, $\text{м}^3$	041С,0428
$dG_{\text{M}}$	Приращение массового расхода за цикл, т	041С
$G_{\text{ИНТV}}$	Интегральный объем, $\text{м}^3$	041С,0428
$G_{\text{ИНТM}}$	Интегральная масса, т	041С

Таблица 4.3 – параметры алгоритмов расчета электроэнергии 0425, 0426

Условное обозначение	Наименование	Применение в алгоритмах
<b>Входные параметры</b>		
$G_{НОМ}$	Количество импульсов на 1 кВтч	Во всех
$N_{ИМПЦ}$	Число импульсов, пришедшее за цикл	-“-
$F_{day}$	Признак дневного времени	0426
$F_{night}$	Признак ночного времени	0426
<b>Выходные параметры</b>		
$dW_{Ц}$	Приращение расхода за цикл, кВтч	Во всех
$W_{Инт}$	Интегральный расход, кВтч	Во всех
$W_{ОСН}$	Интегральный расход по основному тарифу, кВтч	0426 <sup>*)</sup>
$W_{НОЧ}$	Интегральный расход по ночному тарифу, кВтч	0426 <sup>*)</sup>
День	Признак работы по основному тарифу	0426
Ночь	Признак работы по льготному тарифу	0426
$dW_{ОСН}$	Приращение расхода за цикл по основному тарифу, кВтч	0426
$dW_{НОЧ}$	Приращение расхода за цикл по ночному тарифу, кВтч	0426
*) Все накапливаемые значения хранятся в виде трех параметров каждое, как описано в 2.1, но для простоты восприятия в таблицах и формулах далее это не отражено.		

## 4.2 Расчет и накопление массового и объемного расходов

### 4.2.1 Вода

Значение приращения расхода за цикл, массового  $dG_m$ , т, и объемного  $dG_v$ , м<sup>3</sup>, определяется по следующим формулам:

а) датчик измеряет объемный расход в м<sup>3</sup>

$$\left. \begin{aligned} dG_m &= G_{НОМ} \cdot N_{ИМПЦ} \cdot \rho / 1000 \\ dG_v &= G_{НОМ} \cdot N_{ИМПЦ} \cdot \rho \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

б) датчик измеряет массовый расход в тоннах

$$\left. \begin{aligned} G_m &= G_{НОМ} \cdot N_{ИМПЦ} \\ G_v &= G_{НОМ} \cdot N_{ИМПЦ} \cdot 1000 / \rho \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

Здесь  $\rho$  - плотность воды в рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>, рассчитываемая по формуле (3.4).

#### 4.2.2 Жидкости и газы

Значение приращения объемного расхода за цикл  $dG_V$ , м<sup>3</sup>, определяется по следующей формуле:

$$dG_V = G_{\text{НОМ}} \cdot N_{\text{ИМПЦ}}. \quad (4.3)$$

4.2.3 Накопление интегральных расходов происходит путем суммирования приращения за цикл с предыдущим значением одноименного накопленного расхода аналогично формулам (2.1, 2.2) с учетом всех замечаний подраздела 2.1 о разделении целой и дробной части накапливаемого параметра:

$$G_{\text{Инт}_m} = G_{\text{Инт}_m} + dG_{\text{Ц}_m} \quad (4.4)$$

$$G_{\text{Инт}_V} = G_{\text{Инт}_V} + dG_{\text{Ц}_V}. \quad (4.5)$$

### 4.3 Расчет и накопление количества электроэнергии

#### 4.3.1 Простейшая однотарифная схема учета

Алгоритм 0425, реализующий простейшую однотарифную схему учета электроэнергии, приращение количества за цикл  $dW_{\text{Ц}}$ , кВтч, определяет по формуле:

$$dW_{\text{Ц}} = N_{\text{ИМПЦ}} / G_{\text{НОМ}} \quad (4.6)$$

Накопление интегрального количества  $W_{\text{Инт}}$ , кВтч, производится по формулам (4.4) – (4.5) подпункта 4.2.3 с учетом принципов, изложенных в подразделе 2.1.

#### 4.3.2 Двухтарифная схема учета

4.3.2.1 Для двухтарифной схемы учета, кроме основного алгоритма 0426, необходимо подключить вспомогательный алгоритм выбора тарифа 0424, имеющий один выходной битовый параметр и пять входных параметров настройки:

- Часы начала действия дневного (основного) тарифа ДД и ночного НН (льготного) тарифа в рабочие дни;
- Список из двух дат (день : месяц) оперативно отмененных выходных;
- Список из двух дат (день : месяц) оперативно назначенных выходных.

Список праздничных дней по законодательству Российской Федерации (по состоянию на начало 2007 года) хранится в памяти программы. В него входят 12 дат:

- 1, 2, 3, 4, 5, 7 января
- 23 февраля
- 8 марта
- 1, 9 мая
- 12 июня
- 4 ноября.

Выходной битовый параметр, хотя и имеется, другими алгоритмами не используется. Алгоритм 0424 вырабатывает еще два внутренних признака Fday и Fnight, которые не входят в систему параметров, но именно они и используются алгоритмом двухтарифного учета 0426.

Признак необходимости использования ночного (льготного) тарифа Fnight устанавливается, а признак Fday очищается:

- в праздничные дни, по субботам, воскресеньям, назначенным выходным дням, если текущая дата не совпадает с датой отмененного выходного - круглосуточно;
- в рабочие дни, а также в любые выходные дни, если текущая дата совпадает с датой отмененного выходного – с 00 часов 00 минут до ДД часов 00 минут и с НН часов 00 минут до 24 часов 00 минут.

В остальное время устанавливается признак использования дневного (основного) тарифа Fday, а признак Fnight очищается.

4.3.2.2 Алгоритм 0426, реализующий двухтарифную схему учета электроэнергии, приращение количества за цикл  $dW_{ц}$ , кВтч, определяет по формуле (4.6) независимо от текущего тарифа.

Во время действия основного тарифа, т.е. при условии Fday=1, устанавливается выходной битовый параметр «день», параметр «ночь» очищается. Значение  $dW_{ц}$  копируется в параметр «приращение по дневному тарифу»  $dW_{д}$ , а параметр «приращение по ночному тарифу»  $dW_{н}$  очищается. Накопление интегрального количества по основному тарифу производится по формулам (4.4) – (4.5) подпункта 4.2.3.

Во время действия ночного тарифа, т.е. при условии Fnight =1, устанавливается выходной битовый параметр «ночь», параметр «день» очищается. Значение  $dW_{ц}$  копируется в параметр «приращение по ночному тарифу»  $dW_{н}$ , а параметр «приращение по дневному тарифу»  $dW_{д}$  очищается. Накопление интегрального количества по ночному тарифу производится по формулам (4.4) – (4.5) подпункта 4.2.3.

При накоплении учитываются принципы, изложенные в подразделе 2.1.



## 5 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

### 5.1 Вычисление энтальпии воды

5.1.1 Энтальпия воды вычисляется в кДж/кг, или, что то же самое, в МДж/т. Для расчета используется температура воды  $T_C$  в градусах Цельсия и абсолютное давление воды  $P_A$  в МПа. Холодный источник, от которого отсчитывается переносимая теплоносителем тепловая энергия, является всегда холодной водой с температурой  $T_{ХИ}$  при атмосферном давлении  $P_{АТР}$ , вычисляемом по формуле (5.6). Расчетные формулы энтальпии взяты из [2]. Величина  $T_{ХИ}$  либо задается при настройке, либо измеряется отдельным датчиком. Величины абсолютного давления воды и атмосферного давления задаются при настройке.

#### 5.1.2 Приведенные значения температуры и давления

$$\tau_q = (T_q + 273,15)/647,14 \quad (5.1)$$

$$\pi_q = P_q/22,064, \quad (5.2)$$

где

$$T_q = \begin{cases} T_C & \text{трубопровод} \\ T_{ХИ} & \text{холодный источник} \end{cases} \quad (5.3)$$

$$P_q = \begin{cases} P_A & \text{трубопровод} \\ P_{АТР} & \text{холодный источник.} \end{cases} \quad (5.4)$$

#### 5.1.3 Энтальпия воды $h$ , МДж/т, определяется по формуле:

$$h = 7809,96 \cdot \tau_q - 13868,2 + 12725,2 \cdot \tau_q^{-1} - 6370,93 \cdot \tau_q^{-2} + \\ + 1595,6 \cdot \tau_q^{-3} - 159,064 \cdot \tau_q^{-4} + \pi_q \cdot 9,88789 \cdot \tau_q^{-1} + \\ + \pi_q^2 \cdot (-148,135 \cdot \tau_q + 224,027 - 111,602 \cdot \tau_q^{-1} + 18,5823 \cdot \tau_q^{-2}). \quad (5.5)$$

Формула (5.5) реализована в составе комплексных алгоритмов расчета количества тепловой энергии в трубопроводе 0415, в открытых и закрытых системах теплоснабжения 0417и 0418.

#### 5.1.4 Атмосферное давление, выраженное в МПа:

$$P_{АТР} = \begin{cases} 0,00013337 \cdot P_{АТМ} & P_{АТМ} \text{ в мм ртутного столба} \\ 0,098065 \cdot P_{АТМ} & P_{АТМ} \text{ в кгс/см}^2 \\ P_{АТМ} & P_{АТМ} \text{ в МПа} \end{cases} \quad (5.6)$$

## 5.2 Определение количества тепловой энергии в трубопроводе

5.2.1 Алгоритм определения и накопления количества тепловой энергии в трубопроводе имеет номер 0415 в БД. Он рассчитывает и накапливает количество тепловой энергии в трубопроводе, переносимого водой, по вычисленным значениям энтальпии и массового расхода воды. Расчет ведется относительно холодного источника – воды с температурой  $T_{ХИ}$  при атмосферном давлении. Перечень входных и выходных параметров алгоритма приведен в таблице 5.1. Выходные единицы количества тепловой энергии настраиваются как МДж, ГДж, Мкал, Гкал.

Таблица 5.1- параметры алгоритма 0415

Условное обозначение	Наименование
Входные параметры	
Дж\кал	Учет в Джоулях \ калориях
Мега\Гига	Степень Мега \ Гига
$T_c$	Температура воды, °С
$P_A$	Давление абсолютное (трубопровод), МПа
$T_{ХИ}$	Температура холодного источника, °С
$P_{АТР}$	Стандартное атмосферное давление, МПа
$dG_m$	Массовое приращение расхода за цикл, т
Выходные параметры	
$h_c$	Энтальпия воды, МДж/т
$h_{ХС}$	Энтальпия холодного источника, МДж/т
$dQ_{Ц}$	Приращение количества тепловой энергии за цикл, единиц
$Q_{ИНТ}$	Общее накопленное количество тепловой энергии, единиц

5.2.2 Приращение количества тепловой энергии за цикл счета программы определяется по формуле:

$$dQ_{Ц} = dG_m \cdot (h_c - h_{ХИ}) \cdot K_{ПЕР}, \quad (5.8)$$

где

$$K_{ПЕР} = \begin{cases} 1 & \text{при учете в МДж} \\ 0,01 & \text{при учете в ГДж} \\ 1/4,868 & \text{при учете в Мкал} \\ 0,01/4,868 & \text{при учете в Гкал} \end{cases} \quad (5.9)$$

$h_{ХИ}$  – энтальпия холодного источника, МДж/т, вычисляемая по формулам (5.1) – (5.5), в которые подставлены значения  $T_{ХИ}$  и  $P_{АТР}$ .

5.2.3 Накопление общего количества тепловой энергии  $Q_{ИНТ}$  (интегрирование) производится по известной формуле (2.1), которая в данном случае имеет вид:

$$Q_{\text{ИНТ}} = Q_{\text{ИНТ}} + dQ_{\text{Ц}} \quad (5.10)$$

Все замечания подраздела 2.1 о способе интегрирования справедливы и здесь.

### 5.3 Закрытая водяная система теплоснабжения

5.3.1 Алгоритм определения и накопления количества тепловой энергии в закрытой водяной системе теплоснабжения имеет номер 0417 в БД. Он рассчитывает и накапливает количество тепловой энергии, полученное потребителем от системы теплоснабжения, состоящей из двух трубопроводов – прямого (или подачи), и обратного, с одинаковым массовым расходом воды. Расход измеряется только в одном из них; температура - в обоих, давление задается при настройке. Расчет количества тепловой энергии ведется относительно обратного трубопровода. Перечень входных и выходных параметров алгоритма приведен в таблице 5.2. Выходные единицы количества тепловой энергии настраиваются как МДж, ГДж, Мкал, Гкал.

Таблица 5.2 - параметры алгоритма 0417

Условное обозначение	Наименование
Входные параметры	
Дж\кал	Учет в Джоулях \ калориях
Мега\Гига	Степень Мега \ Гига
$T_{\text{ПР}}$	Температура в прямом трубопроводе, °С
$T_{\text{ОБР}}$	Температура в обратном трубопроводе, °С
$P_{\text{АПР}}$	Абсолютное давление в прямом трубопроводе, МПа
$P_{\text{АОБР}}$	Абсолютное давление в обратном трубопроводе, МПа
$dG_m$	Массовое приращение расхода за цикл, т
Выходные параметры	
$h_{\text{ПР}}$	Энтальпия воды в прямом трубопроводе, МДж/т
$h_{\text{ОБР}}$	Энтальпия воды в обратном трубопроводе, МДж/т
$dQ_{\text{Ц}}$	Приращение количества тепловой энергии за цикл, единиц
$Q_{\text{ИНТ}}$	Общее накопленное количество тепловой энергии, единиц

5.3.2 Приращение количества тепловой энергии за цикл счета программы определяется по формуле:

$$dQ_{\text{Ц}} = dG_m \cdot (h_{\text{ПР}} - h_{\text{ОБР}}) \cdot K_{\text{ПЕР}}, \quad (5.11)$$

где

$h_{\text{ПР}}$  – рассчитывается по формулам (5.1) – (5.5) для  $T_{\text{ПР}}$  и  $P_{\text{АПР}}$ ;

$h_{\text{ОБР}}$  – рассчитывается по формулам (5.1) – (5.5) для  $T_{\text{ОБР}}$  и  $P_{\text{АОБР}}$ ;

$K_{\text{ПЕР}}$  – рассчитывается по формуле (5.9).

5.3.3 Накопление количества тепловой энергии  $Q_{\text{ИНТ}}$  производится по формуле (5.10) аналогично пункту 5.2.3.

### 5.4 Открытая водяная система теплоснабжения

5.4.1 Алгоритм определения и накопления количества тепловой энергии в открытой водяной системе теплоснабжения имеет номер 0418 в БД. Он рассчитывает и накапливает количество тепловой энергии, полученное потребителем от системы теплоснабжения, состоящей из двух трубопроводов – прямого (или подачи), и обратного, с измерением в каждом из них массового расхода воды и температуры, давление задается при настройке. Ведется расчет и накопление количества тепловой энергии, полученного потребителем; количества тепловой энергии, прошедшей по каждому трубопроводу; массового расхода потребленной из системы горячей воды. Перечень входных и выходных параметров алгоритма приведен в таблице 5.3. Выходные единицы количества тепловой энергии настраиваются как МДж, ГДж, Мкал, Гкал.

Таблица 5.3 - параметры алгоритма 0418

Обозначение	Наименование
Входные параметры	
Дж\кал	Учет в Джоулях \ калориях
Мега\Гига	Степень Мега \ Гига
$T_{ПР}$	Температура в прямом трубопроводе, °С
$T_{ОБР}$	Температура в обратном трубопроводе, °С
$P_{АПР}$	Абсолютное давление в прямом трубопроводе, МПа
$P_{АОБР}$	Абсолютное давление в обратном трубопроводе, МПа
$T_{ХИ}$	Температура холодного источника, °С
$P_{АТР}$	Давление атмосферное стандартное, МПа
$dG_{mПР}$	Приращение расхода за цикл в прямом трубопроводе, т
$dG_{mОБР}$	Приращение расхода за цикл в обратном трубопроводе, т
Выходные параметры	
$h_{ПР}$	Энтальпия воды в прямом трубопроводе, МДж/т
$h_{ОБР}$	Энтальпия воды в обратном трубопроводе, МДж/т
$h_{ХИ}$	Энтальпия холодного источника, МДж/т
$dQ_{ПР}$	Приращение количества тепловой энергии в прямом трубопроводе за цикл, единиц
$dQ_{ОБР}$	Приращение количества тепловой энергии в обратном трубопроводе за цикл, единиц
$dQ_{ПОТР}$	Приращение количества тепловой энергии за цикл, единиц
$dG_{ПОТР}$	Приращение расхода горячей воды за цикл, т
$Q_{ИНТ ПР}$	Общее количество тепловой энергии в прямом трубопроводе, единиц
$Q_{ИНТ ОБР}$	Общее количество тепловой энергии в обратном трубопроводе, единиц
$Q_{ИНТ ПОТР}$	Общее количество тепловой энергии, единиц
$G_{ИНТ ПОТР}$	Общий расход потребленной из системы горячей воды, т

5.4.2 Приращение количества тепловой энергии за цикл счета программы определяется по формулам:

$$dQ_{\text{ПР}} = dG_{\text{мПР}} \cdot (h_{\text{ПР}} - h_{\text{ХИ}}) \cdot K_{\text{ПЕР}}, \quad (5.13)$$

$$dQ_{\text{ОБР}} = dG_{\text{мОБР}} \cdot (h_{\text{ОБР}} - h_{\text{ХИ}}) \cdot K_{\text{ПЕР}}, \quad (5.14)$$

$$dQ_{\text{ПОТР}} = dQ_{\text{ПР}} - dQ_{\text{ОБР}}, \quad (5.15)$$

где

$h_{\text{ПР}}$  – рассчитывается по формулам (5.1) – (5.5) для  $T_{\text{ПР}}$  и  $P_{\text{АПР}}$ ;

$h_{\text{ОБР}}$  – рассчитывается по формулам (5.1) – (5.5) для  $T_{\text{ОБР}}$  и  $P_{\text{АОБР}}$ ;

$h_{\text{ХИ}}$  – рассчитывается по формулам (5.1) – (5.5) для  $T_{\text{ХИ}}$  и  $P_{\text{АТР}}$ ;

$K_{\text{ПЕР}}$  – рассчитывается по формуле (5.9).

5.4.3 Накопление количества тепловой энергии  $Q_{\text{интПР}}$ ,  $Q_{\text{интОБР}}$ ,  $Q_{\text{интПОТР}}$  производится по формуле (5.10) аналогично пункту 5.2.3.

5.4.4 Приращение расхода потребленной из системы горячей воды за цикл  $dG_{\text{ПОТР}}$ , т, производится по формуле:

$$dG_{\text{ПОТР}} = dG_{\text{мПР}} - dG_{\text{мОБР}} \quad (5.16)$$

5.4.5 Накопление количества потребленной из системы горячей воды  $G_{\text{инт ПОТР}}$ , т, производится по обычным правилам интегрирования, изложенным в подразделе 2.1.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. МИ 2412-97

ГСИ. Рекомендация. Водяные системы теплоснабжения. Уравнения измерений тепловой энергии и количества теплоносителя.

2. ГОСТ 6651-94

Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний.

Всего в документе 22 пронумерованных страницы.  
Отпечатано в России.