

К РАСЧЕТУ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ АБОНЕНТАМИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПО ПОКАЗАНИЯМ ТЕПЛОСЧЕТЧИКОВ В НЕРАСЧЕТНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пазигун С.В.,

Научный руководитель канд. техн. наук Карпов В. И.

Сибирский федеральный университет

За последнее время финансовые расчеты за потребленную тепловую энергию потребителями в достаточно большой мере производятся по показаниям теплосчетчиков, установленных в узлах учета абонентов. При этом фиксируются параметры температуры, расхода и давления теплоносителя на тепловых вводах зданий. Причем, не подвергаются сомнению показания измерительных приборов, если они сертифицированы и поверены, а узел учета принят в эксплуатацию. В «Правилах учета тепловой энергии и теплоносителя» приведены соответствующие методики расчета объемов потребленной тепловой энергии на базе произведенных приборных измерений. Ранее одним из авторов данного доклада проанализирована ситуация работы отопительной системы отопления здания в нерасчетных условиях по температуре подающего теплоносителя в наружной тепловой сети.

Как показано в данной работе, расчет потребленной тепловой энергии системой отопления в нерасчетных условиях по показаниям теплосчетчика, установленного в узле учета тепловой энергии здания, совершенно не учитывает заниженные фактические параметры подающего теплоносителя, а также затраты электроэнергии, идущей на вынужденный (пиковый) электрообогрев помещений.

В представленном докладе развивается решение поставленной выше проблемы с учетом наличия в системе теплоснабжения здания закрытой системы ГВС.

Из ранее проведенных исследований, воспользуемся уравнениями, описывающими теплогидравлический режим только отопительной системы:

$$U=(T_{п}-T_c)/(T_c-T_o), \quad (1)$$

$$W_c=W_{п}*(1+U), \quad (2)$$

где W_c – водяной эквивалент в системе отопления; $W_{п}$ -водяной эквивалент в подающем трубопроводе теплового ввода здания; U -коэффициент смешения смесительного устройства в отопительной системе; $T_{п,с,о}$ – расчетные значения температур соответственно в подающем и обратном трубопроводах теплового ввода, а также в отопительной системе.

Итак, рассматривается система теплоснабжения здания с водяной системой отопления и закрытой системой ГВС с теплообменником, присоединенным по параллельной схеме. В этом случае на узле учета также может устанавливаться один измеритель расхода теплоносителя. Отличительной особенностью рассматриваемой схемы является то, что общий водяной эквивалент на тепловом вводе ($W_{п}$) разделен на две составляющие - на отопление ($W_{от}$) и ГВС ($W_{гвс}$), которые имеют расчетные значения:

$$W_{от}=Q_{от}/(T_{п}-T_o), \quad W_{гвс}=Q_{гвс}/(T_{из}-T_{огвс}), \quad W_{п}=W_{от}+W_{гвс}, \quad (3)$$

где $T_{из}=75^{\circ}\text{C}$ – температура подающего теплоносителя в точке излома температурного графика; $T_{огвс}\approx 30^{\circ}\text{C}$ – температура теплоносителя после теплообменника ГВС, $T_{п,о}$ – соответственно расчетные температуры теплоносителя в наружной теплосети при графике регулирования $T_{п}/T_{о}=130/70^{\circ}\text{C}$.

Допустим, расчетный расход тепла на отопление составляет $Q_{от}=\sum K_i * F_i * (T_{в}-T_{н})=200$ кВт, расчетный расход на ГВС - $Q_{гвс}=0,25 * Q_{от}=50$ кВт. Также положим, что нерасчетная температура подающего теплоносителя на тепловом вводе $T_{пн}\approx 100^{\circ}\text{C}$ (при расчетной $T_{н}=-40^{\circ}\text{C}$) и также используется дополнительное электроотопление помещений, обеспечивающее комфортную температуру внутреннего воздуха $T_{в}=20^{\circ}\text{C}$, при неизменном расходе теплоносителя $G_{п}$. Тогда тепловой баланс всей системы теплоснабжения в этом случае представляется в виде:

$$W_{п} * (T_{пн}-T_{он}) = \sum K_i * F_i * (T_{в}-T_{н}) + Q_{гвс}, \quad (4)$$

где индексы “пн, он” относятся к нерасчетным значениям температур подающего и обратного теплоносителя на тепловом вводе здания.

Из уравнения (4) можно найти нерасчетную температуру обратного теплоносителя:

$$T_{он} = T_{пн} - [\sum K_i * F_i * (T_{в}-T_{н}) + Q_{гвс}] / W_{п} \quad (5)$$

Левая часть уравнения (4) есть не что иное, как показания теплосчетчика, установленного на узле учета:

$$Q_{тс} = W_{п} * (T_{пн}-T_{он}) \quad (6)$$

Для оценки нерасчетной температуры подающего теплоносителя системы отопления ($T_{сн}$) используются уравнения (1), (2), (3), (6) и также составляется тепловой баланс узла смешения, что позволяет найти искомую температуру:

$$T_{сн} = [(T_{пн} * W_{от} + T_{он} * (W_{с}-W_{от}))] / W_{с}, \quad (7)$$

где $W_{с} = W_{от} * (1+U)$ – расчетный эквивалент теплоносителя в системе отопления.

Величина недогрева в системе отопления определяется предложенными ранее зависимостями:

$$\delta \approx \{ [0,5 * (T_{сн} + T_{он}) - T_{в}] / [0,5 * (T_{с} + T_{о}) - T_{в}] \}^{(1+n)} \quad (8)$$

$$Ned = (1 - \delta) * 100\% \quad (9)$$

Расчет модельной задачи при исходных данных, приведенных выше, показал следующие результаты:

- $Q_{тс}=250$ кВт – показания теплосчетчика;
- $T_{сн}=67,2^{\circ}\text{C}$ - температура подающего теплоносителя в системе отопления;
- $T_{он}=43,8^{\circ}\text{C}$ - температура обратного теплоносителя в системе теплоснабжения;
- $Ned=43,3\%$ - величина недогрева в системе отопления.

Таким образом, дефицит теплового потока составляет 43,3% и эта же величина должна компенсироваться электроотоплением в период продолжительного похолодания. Подобные расчеты можно провести при любой нерасчетной температуре $T_{пн}=120^{\circ}\text{C}$, 110°C , 90°C и др.

Еще один вариант – система теплопотребления представлена водяной системой отопления и открытой системой ГВС, подключенной до узла смешения системы отопления. Для данной схемы уже необходима установка измерителей расхода на подающей и обратной трубах теплового ввода и дополнительный расходомер на ветке системы ГВС. Как и во втором случае принимаем расчетные тепловые нагрузки $Q_{от}=\sum K_i \cdot F_i \cdot (T_{в}-T_{н})=200$ кВт, расчетный расход на ГВС $Q_{гвс}=0,25 \cdot Q_{от}=50$ кВт. Причем забор сетевой воды на ГВС осуществляется из обоих трубопроводов (подающего и обратного) в зависимости от действия регулятора температуры. Расчетные параметры потребляемой горячей воды примем $T_{г}=65^{\circ}\text{C}$, холодной $T_{х}=5^{\circ}\text{C}$. Тогда общий расчетный эквивалент горячей воды системы ГВС определится так:

$$W_{гвс}=Q_{гвс}/(T_{г}-T_{х}) \quad (10)$$

Вводя коэффициент перераспределения расхода горячей воды между подающей и обратной трубами (α), найдем расчетные расходы (эквиваленты) теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах теплового ввода:

$$W_{п}=W_{от}+\alpha \cdot W_{гвс}; \quad W_{о}=W_{от}-(1-\alpha) \cdot W_{гвс} \quad (11)$$

С учетом (11) тепловой баланс рассматриваемой системы примет вид:

$$W_{п} \cdot T_{пн}-W_{о} \cdot T_{он}=Q_{гвс}+\sum K_i \cdot F_i \cdot (T_{в}-T_{н}) \quad (12)$$

Из последнего уравнения найдем нерасчетную температуру обратного теплоносителя на тепловом вводе:

$$T_{он}=[W_{п} \cdot T_{пн}-Q_{гвс}-\sum K_i \cdot F_i \cdot (T_{в}-T_{н})]/W_{о} \quad (13)$$

Левая часть уравнения (12) - это также рассчитанные показания теплосчетчика, установленного на узле учета:

$$Q_{тс}=W_{п} \cdot T_{пн}-W_{о} \cdot T_{он} \quad (14)$$

Для оценки нерасчетной температуры подающего теплоносителя системы отопления ($T_{сн}$) также используется уравнение (7), куда следует подставить ($T_{он}$), вычисленную по (13).

$$T_{сн}=[(T_{пн} \cdot W_{от}+T_{он} \cdot (W_{с}-W_{от}))/W_{с}], \quad (15)$$

где $W_{с}=W_{от} \cdot (1+U)$ – расчетный эквивалент теплоносителя в системе отопления.

Величина недогрева в системе отопления также определится зависимостями (8), (9).