

4. Карницкий Н.Б. Синтез надежности и экономичности теплоэнергетического оборудования ТЭС. - Мн.: ВУЗ - ЮНИТИ. - 1999. - 227 с.
5. Борушко А.П., Борушко Г.А. Вероятностная оценка риска на тепловых электростанциях // Известия академии наук. Энергетика. - 1992. - N 3. - С.111-120.

УДК 621.311

Новосельцев В.Г.

## КОМБИНИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И МЕСТНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Существующие системы централизованного теплоснабжения действуют следующим образом: вода подогревается на ТЭЦ или котельной до температуры 90...150 С и затем подается в нагревательные приборы у потребителя по теплотсетям; после этого охлажденная вода возвращается на ТЭЦ или котельную для подогрева. Основной недостаток этих систем - большие потери тепловой энергии при ее транспортировке по теплотпроводам (они могут достигать 15...50% в зависимости от расстояния до потребителя теплоты и качества тепловых сетей).

Так как величина теплотпотерь прямо пропорциональна температуре теплоносителя при том же качестве теплоизоляции, то, уменьшая температуру теплоносителя в тепловой сети, теплотпотери можно снизить. Недостатки этого способа: увеличение размеров нагревательных приборов у потребителя из-за снижения температурного напора увеличение расхода теплоносителя.

Возможно отказаться от схемы централизованного теплоснабжения и применить децентрализованную схему. По этой схеме у потребителя установлен подогреватель воды. Недостатки этого варианта: существующие системы централизованного теплоснабжения в данном случае не востребованы, в существующих зданиях применение этой системы связано с большими затратами.

Возможно применение мини-ТЭЦ, но необходимы значительные денежные затраты на постройку мини-ТЭЦ и частично новых теплотсетей.

Для усовершенствования систем централизованного теплоснабжения возможно комбинирование их с системами местного отопления. Предлагается транспортировать по тепловым сетям теплоноситель с пониженной температурой порядка 50...90 °С, а у потребителя устанавливать доводчик, - устройство для подогрева воды до необходимых потребителю параметров, при которых создается нормальный температурный режим помещения. [1]

Возможны следующие варианты схем:

1. с доводчиком (рис.1)
2. с тепловым насосом (рис.2)
3. с элеватором и доводчиком (рис.3)
4. с пароводяным насосом-подогревателем (рис.4)
5. с газовым водонагревателем (рис.5).

На рисунках 1-5 были приняты следующие обозначения:

- 1 - центральный источник теплоты;
- 2 - доводчик;
- 3 - тепловые сети;
- 4 - потребитель теплоты;
- 5 - тепловой насос;
- 6 - испаритель;
- 7 - компрессор;
- 8 - конденсатор;
- 9 - дроссель;
- 10 - элеватор;

11 - дополнительный нагревательный прибор;

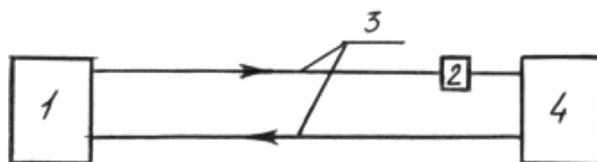


Рисунок 1.

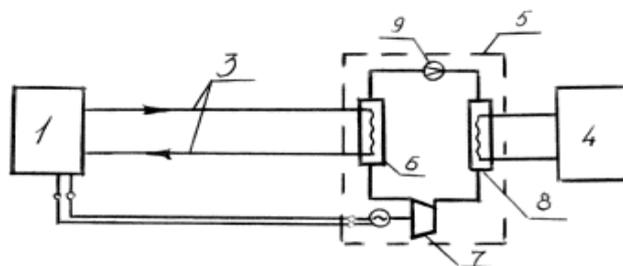


Рисунок 2.

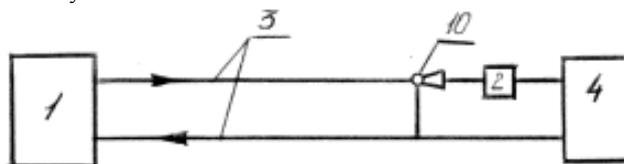


Рисунок 3.

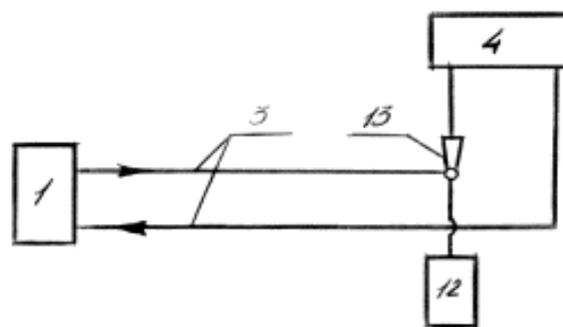


Рисунок 4.

12 - паровой котел;

13 - пароводяной насос-подогреватель.

В качестве доводчика возможно использование газового водонагревателя (газовой колонки, применяемой для целей горячего водоснабжения), газового котла, огневого газоводяного водонагревателя с пульсирующим горением жидкого или газообразного топлива, пароводяного насоса-подогревателя, в ряде случаев электроподогревателя, электрокотла и др.

Газовая колонка применяется как первый, самый простой и дешевый вариант схемы с доводчиком и работает в кратковременном режиме. При ее применении в качестве доводчика

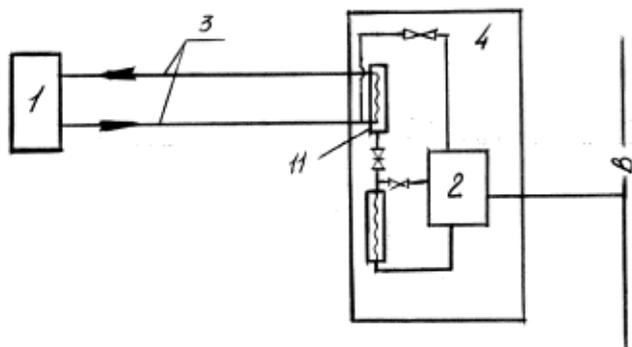


Рисунок 5.

у потребителя помимо имеющихся нагревательных приборов необходимо установить еще один, который подключен к ней. Эту схему (рис. 5) рационально использовать в жилых зданиях, где для нужд горячего водоснабжения уже используется газовая колонка. В этом случае капитальные затраты будут небольшими. Тепловой насос (рис. 2) целесообразно применять в том случае, когда в схеме роль центрального источника теплоты выполняет теплоэлектроцентр (ТЭЦ). В этом случае электроэнергия, необходимая для работы привода компрессора теплового насоса будет вырабатываться на этой же ТЭЦ и подаваться по электросетям. При применении в качестве доводчика пароводяного насоса-подогревателя (рис. 4) из схемы удаляются сетевые насосы, но необходима установка парового котла. В схеме с элеватором (рис. 3) вместо элеватора возможно применение циркуляционного насоса.

В случае, когда применены огневые доводчики сумма затрат топлива на центральном источнике теплоты равна:

$$3_1 = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot \left( \frac{S + Tp + X}{Q_n^p} \right), \text{ руб.} \quad (1)$$

где  $Q_1$  - теплота, производимая на центральном источнике теплоты;

$$Q_1 = G \cdot c \cdot \eta \cdot (T - T_{обр}), \text{ Вт}, \quad (2)$$

где  $c$  - теплоемкость теплоносителя, ккал/(кг·град);

$G$  - расход воды в теплосети, л/час;

$\eta$  - КПД водогрейного котла;

по эмпирической зависимости:

$$\eta = 0.3 \cdot \left( \frac{T - T_{обр}}{T' - T_{обр}} \right)^{0.32} + 0.5, \quad (3)$$

где  $T'$  - температура теплоносителя в прямом теплопроводе теплосети в схеме без доводчика, К;

$T$  - то же, в схеме с доводчиком, К;

$T_{обр}$  - температура теплоносителя, поступающего по обратному теплопроводу теплосети на центральный тепловой источник, К.

$Q_2$  - расход энергии на транспорт теплоносителя (сетевые насосы);

$$Q_2 = \rho \cdot g \cdot G \cdot H / \eta_2, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где  $\rho$  - плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H$  - напор, развиваемый сетевыми насосами, м;

$\eta_2$  - КПД сетевого насоса.

$Q_3$  - расход энергии на собственные нужды при производстве теплоты;

$$Q_3 = \rho \cdot g \cdot G_3 \cdot H_3 / \eta_3, \text{ Вт}, \quad (5)$$

где  $H_3$  - напор, развиваемый насосами, работающими на

собственные нужды центрального источника теплоты, м;

$G_3$  - расход воды на собственные нужды, л/час;

$\eta_3$  - КПД насосов, работающих на собственные нужды источника теплоты.

$S, Tp, X$  - удельные затраты на стоимость, транспорт и хранение единицы топлива соответственно, руб·час/Вт;

$Q_n^p$  - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Затраты топлива на доводчике равны:

$$3_2 = (Q_d + Q_{mn}) \cdot \left( \frac{S + Tp + X}{Q_n^p} \right), \text{ руб.} \quad (6)$$

$Q_d$  - расход энергии на доводчике

$$Q_d = G \cdot c \cdot (T_n - T), \text{ Вт}, \quad (7)$$

где  $T_n$  - температура теплоносителя, необходимая потребителю, К.

$Q_{mn}$  - теплопотери в теплосетях

$$Q_{mn} = k \cdot F \cdot (T - T_{окр}), \text{ Вт}, \quad (8)$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи

$$k = m \cdot (T - T_{окр})^n, \text{ Вт}/(\text{М}^2 \cdot \text{К}), \quad (9)$$

где  $m, n$  - экспериментальные коэффициенты;

$T_{окр}$  - температура окружающей среды, К;

$F$  - площадь теплообмена.

$$F = \pi \cdot d \cdot L, \text{ М}^2, \quad (10)$$

где  $d$  - диаметр теплопровода, м;

$L$  - длина теплопровода, м.

Оптимальная температура теплоносителя при минимуме затрат находится из условия равенства нулю второй производной по температуре от суммы затрат на центральном источнике теплоты и доводчике

$$(3_1 + 3_2)'' = 0$$

Произведя соответствующие вычисления, получаем

$$\frac{(T - T_{окр})^{n-1}}{0.065 \cdot \left( \frac{T - T_{обр}}{T' - T_{обр}} \right)^{-1.68} - 0.19 \cdot \left( \frac{T - T_{обр}}{T' - T_{обр}} \right)^{-0.68}} = \frac{G \cdot c}{m \cdot F \cdot (n + 1) \cdot n \cdot (T' - T_{обр})}$$

Ориентировочно при следующих параметрах:

$$T_{окр} = 268 \text{ К}, n = 0.25, L = 3000 \text{ м}, p = 1000 \text{ кг}/\text{М}^3,$$

$$m = 10, d = 0.5 \text{ м}, H = 100 \text{ м}, T_{обр} = 323 \text{ К},$$

$$G = 720000 \text{ л}/\text{час}, T_n = 368 \text{ К},$$

$$c = 1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \eta = 0.6, \text{ получаем}$$

$$T = 70^\circ \text{C} = 343 \text{ К}.$$

Таким образом данная методика позволяет определить оптимальную температуру теплоносителя в комбинированной схеме централизованного и местного теплоснабжения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Северянин В.С. Централизованное теплоснабжение с доводчиками. //Энергетика. (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ).-1998.-№4.-с.39-43.