

- раїнського Будинку економічних науково-технічних знань - 1998. - № 8. - С. 17-20.
6. Цвынар Л. Пуск паровых котлов. - М.: Энергоиздат, 1981. - 312 с.

7. Елизаров П.П. Эксплуатация котельных установок высокого давления на электростанциях. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. - 400 с.
8. Янко П.И. О предельно допустимой температуре металла труб НРЧ газомазутных котлов СКД// Энергетика и электрификация. - 1981. - № 4. - С. 8-10.

УДК 621.311

Новосельцев В.Г.

## АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ В СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Существенным недостатком систем централизованного теплоснабжения являются потери теплоты при ее транспортировании по теплосетям. Например, за 1993 год по Брестским тепловым сетям потери теплоты составили такое количество, что на ее производство необходимо 16200 т.у.т. (это составляет месячный расход топлива для трех теплоисточников Брестских тепловых сетей), а с учетом внутриквартальных распределительных тепловых сетей около 25000 т.у.т. (данные из доклада директора Брестских тепловых сетей Н.П. Борушко на научно-технической конференции в БПИ в 1994 году).

Летом 1999 года Белэнергоремналадка провела испытания Брестских тепловых сетей на тепловые потери. Испытаниям подверглись подающие и обратные теплопроводы некоторых тепломагистралей от ТЭЦ диаметрами 500 мм общей протяженностью более 12 км. Испытываемые тепломагистралы проложены в основном подземной прокладкой в переходных каналах с изоляцией из минеральной ваты, а также имеются участки теплопроводов из предизолированных труб (материал изоляции полиуретановый пенопласт), проложенных бесканальной прокладкой.

Последовательность технологических операций при проведении испытаний была следующей:

- Сборка схемы циркуляции сетевой воды при испытаниях с отключением ответвлений;
  - Установка и поддержание до конца испытаний расхода сетевой воды на выводе ТЭЦ 250 м<sup>3</sup>/ч и давление в обратном теплопроводе 2 кг/см<sup>2</sup>;
  - Установка температуры прямой сетевой воды 70 °С;
  - Поддержание постоянной температуры (прогрев теплосети) с 14 часов 14.06.99 до 10 часов 16.06.99;
  - С начала и до конца испытаний проводилась запись показаний термометров в точках наблюдения.
- Тепловые потери подсчитывались по формуле

$$Q = G \cdot c \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где  $G$  – расход сетевой воды в теплосети, т/ч;

$c$  – теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

$\Delta T$  – разница между температурами теплоносителя в начале и в конце участка, К (°С).

Условия проведения испытаний следующие: средняя температура окружающей трубойпровод среды 14.3 °С, температура на выводе ТЭЦ 72 °С в прямом теплопроводе и 60.1 °С в обратном теплопроводе. Падение температуры теплоносителя 11.9 °С. Суммарные теплотери в прямом и обратном теплопроводах 3260300 Вт теплоты (вышеуказанные данные взяты из технического отчета по испытаниям тепловых сетей), на выработку которой необходимо следующее количество топлива

$$V = \frac{Q_{mn}}{Q_n^p \cdot \eta_k} = \frac{3260300 \cdot 3600}{4.19 \cdot 1000 \cdot 7000 \cdot 0.8} = 500 \text{ кг у.т./ч}, \quad (2)$$

где  $Q_{mn}$  – суммарные теплотери в прямом и обратном теплопроводах, Вт;

$Q_n^p$  – низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг у.т.;

$\eta_k$  – КПД котла.

При применении в качестве топлива природного газа на выработку такого количества теплоты расходуется столько топлива, что его стоимость составит в ценах на сентябрь 2000 года

$$C = \frac{3260300 \cdot 3600}{4.19 \cdot 1000 \cdot 8000 \cdot 0.8} \cdot 0.069 = 30.2 \text{ \$/ч}.$$

Так как исследования проводились в летнее время, а в зимнее время потери увеличиваются из-за увеличения разности температур, то необходимо оценить, каковы потери теплоты при транспорте теплоносителя по теплосетям в зимнее время. Рассмотрим отношение тепловых потерь в зимний период к потерям в летний период

$$\frac{Q_z}{Q_l} = \frac{k_z \cdot F \cdot \Delta t_z}{k_l \cdot F \cdot \Delta t_l} = \frac{k_z \cdot \Delta t_z}{k_l \cdot \Delta t_l}, \quad (3)$$

где  $Q_l$ ,  $Q_z$  – тепловые потери при транспорте теплоты в летний и зимний период соответственно, Вт;

$F$  – площадь теплообмена, м<sup>2</sup>;

$\Delta t_l$ ,  $\Delta t_z$  – разность температуры теплоносителя и окружающей среды в летний и зимний период соответственно, °С;

$k_l$ ,  $k_z$  – коэффициенты теплопередачи теплоты от теплоносителя в сети к наружному воздуху в летний и зимний период соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Коэффициенты теплопередачи в летний и зимний период можно описать следующими зависимостями [1]:

$$k_l = m \cdot \Delta t_l^n, \quad (4)$$

$$k_z = m \cdot \Delta t_z^n, \quad (5)$$

где  $m$ ,  $n$  – экспериментальные коэффициенты.

Для примерной оценки определим экспериментальные коэффициенты, используя данные, полученные в результате исследования тепловых сетей (табл. 1).

После подставления значений в формулу для тепловых потерь

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (6)$$

и проведения соответствующих вычислений получаем для участков 1 и 2:  $k_1 = 1.52$ ,  $k_2 = 1.19$ .

Таблица 1 - Исходные данные для определения коэффициента теплопередачи в летнее время

№ участка	D, м, диаметр теплопровода	L, м, длина теплопровода	t <sub>окр</sub> , °C, температура окружающей среды	t, °C, температура воды в прямом теплопроводе теплосети в начале участка	Q, Вт, тепловые потери на участке
1	2	3	4	5	6
1	0.529	2558	14.3	70.4	362600
2	0.529	2558	14.3	62.2	242462

Для получения значений коэффициентов *m* и *n* на основе уравнения (4) составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} 1.52 = m \cdot (70.4 - 14.3)^n \\ 1.19 = m \cdot (62.2 - 14.3)^n \end{cases} \quad (7)$$

Решая эту систему, получаем *m*=0.003, *n*=1.58.

Выражение для коэффициента теплопередачи имеет вид

$$k = 0.003 \cdot \Delta t^{2.58} \quad (8)$$

С учетом выражения (8) уравнение (3) примет вид

$$\frac{Q_3}{Q_л} = \left( \frac{\Delta t_3}{\Delta t_л} \right)^{2.58} \quad (9)$$

Для температурного графика теплоисточников по "Брест-энерго" на отопительный сезон 1999 – 2000г.г. при температуре теплоносителя в прямом теплопроводе теплосети 120°C и температуре окружающей среды (грунта) 2.6°C (зимние условия) и при температуре теплоносителя 70°C и температуре окружающей среды 14.3°C (летние условия) по уравнению (9) получаем

$$\frac{Q_3}{Q_л} = \left( \frac{120 - 2.6}{70 - 14.3} \right)^{2.58} = 6.8 \quad (10)$$

На основе (10) можно сделать вывод о том, что в зимнее время тепловые потери при транспорте теплоносителя увеличиваются примерно в 6.8 раз и составят 32603006.8 ≈ 22170000 Вт. На выработку такого количества теплоты необходимо 3400 кг у.т./ч, а при цене топлива 0.069 \$/кг это (при применении природного газа) составит 200 \$/ч.

При применении предизолированных теплопроводов тепловые потери при транспортировке теплоносителя ниже. Они могут быть в 5 раз меньше, чем потери теплопроводов с традиционной теплоизоляцией. Во время испытаний было проведено исследование двух участков из предизолированных труб со следующими параметрами (табл. 2)

УДК 621.438

**Черников И.А.**

## ОСОБЕННОСТИ НАДУВА ТОПОК ПРЕРЫВИСТЫМ ПОТОКОМ ВОЗДУХА

В современной теории горения часто используется понятие воздушных пульсаций. Известно, что пульсирующая подача воздуха в топочный объем интенсифицирует процесс химического реагирования, улучшает теплообмен меж-

Таблица 2 - Параметры участков сети с предизолированными теплопроводами

№ участка	D, м, диаметр теплопровода	L, м, длина теплопровода	t <sub>окр</sub> , °C, температура окружающей среды	t, °C, температура воды в прямом теплопроводе теплосети в начале участка	Q, Вт, тепловые потери на участке
1	2	3	4	5	6
1	0.219	113	14.3	41	1435
2	0.219	113	14.3	45.8	2080

После подстановки значений этой таблицы в формулу (6) и проведения соответствующих вычислений получаем для участков 1 и 2: *k*<sub>1</sub>=0.69, *k*<sub>2</sub>=0.85. Анализируя полученные коэффициенты теплопередачи для предизолированных труб и труб с традиционной тепловой изоляцией, можно сделать вывод, что тепловые потери на исследуемых участках у предизолируемых труб ниже, чем у обычных, примерно в 2 раза.

Из результатов испытаний и из выше рассмотренных расчетов видно, что потери при транспортировке теплоносителя по теплосетям составляют большое количество теплоты, на производство которой требуется большой расход топлива.

Для устранения тепловых потерь возможен следующий метод: транспортировка по тепловым сетям теплоносителя с пониженной температурой порядка 50...90°C, а у потребителя предлагается устанавливать доводчик – устройство для подогрева воды до необходимой потребителю температуры [2]. При этой схеме общий расход топлива на центральном источнике теплоты и доводчике меньше, чем в обычной схеме за счет снижения расхода топлива, необходимого для компенсации потерь теплоты при транспортировке. Требования, предъявляемые к доводчику, следующие: простота конструкции, надежность, высокий КПД, дешевизна, большой диапазон регулировки по тепловой мощности и др. [3]

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусев В.М., Ковалев Н.И., Попов В.П., Потрошков В.А. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха// Ленинград, Стройиздат. – 1981. – С. 108-109.
2. Северянин В.С. Централизованное теплоснабжение с доводчиками// Энергетика. (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1998. – №4. – С. 39-43.
3. Новосельцев В.Г. Комбинирование систем централизованного и местного теплоснабжения// Вестник Брестского политехнического института. – 2000. – №2. – С. 66-68.

**Черников Игорь Анатольевич.** Инженер I категории научно-исследовательского сектора БГТУ.

Брестский государственный технический университет (БГТУ). Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.