

## КРИТЕРИИ УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНОЙ СИСТЕМОЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТОПКАМИ НТКС

**Крюков А. В., студ.; Ткаченко А. Е., ст. преп.**

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

В настоящее время проблема экономии энергетических ресурсов чрезвычайно актуальна в нашем обществе. Технология сжигания низкосортного топлива в низкотемпературном кипящем слое (НТКС) позволяет наиболее полно использовать тепловой потенциал высокозольных углей (до 70% зольности).

Спецификой промышленных котельных с котлами НТКС является наличие нескольких котлоагрегатов НТКС, работающих на тепловую сеть. Так, объектом исследований является шахтный комплекс теплоснабжения с  $n$  абонентами и несколькими источниками тепла  $m$  – котлоагрегатами топок низкотемпературного кипящего слоя (НТКС), работающими на один коллектор в условиях переменного теплового спроса. Для топок данного типа наиболее часто применяются водогрейные котлы типа ДКВ или ДКВР.

Для равновесного состояния тепла в системе в ней должен существовать следующий баланс, учитывающий потери тепла с обеих сторон [1]:

$$\sum_{i=1}^{i=n} Qa_i + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{nom.mp.c.i} = \sum_{i=1}^{i=m} Q_{к.а.i} - \sum_{i=1}^{i=m} Q_{nom.к.а.i}$$

где  $\sum_{i=1}^{i=n} Qa_i$  – сумма потребленной теплоты абонентами;

$\sum_{i=1}^{i=n} Q_{nom.mp.c.i}$  – сумма потерь теплоты в трубопроводной системе при транспортировании;

$\sum_{i=1}^{i=m} Q_{к.а.i}$  – сумма теплоты производимой котельными агрегатами НТКС;

$\sum_{i=1}^{i=m} Q_{nom.к.а.i}$  – сумма потерь теплоты при производстве.

Учитывая, что тепловой спрос изменяется во времени, получаем систему уравнений, описывающую теплообмен в системе, в соответствии с которым необходимо регулировать тепловую нагрузку на котельные агрегаты НТКС:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{i=n} Qa_i + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{nom.mp.c.i} = \sum_{i=1}^{i=m} Q_{к.а.i} - \sum_{i=1}^{i=m} Q_{nom.к.а.i}; \\ \sum_{i=1}^{i=n} Qa_i = f(t). \end{cases} \quad (1)$$

Необходимо отметить, что изменять суммарное количество вырабатываемого тепла можно как путем изменения количества работающих котлоагрегатов, так и путем изменения их мощности. При определении тепла, которое должен произвести каждый котлоагрегат, необходимо учитывать, что котельная может быть оборудована котлами разного типа и с разным сроком службы, в результате чего они обладают разными тепловыми характеристиками, могут работать с разной тепловой мощностью и КПД. Главной задачей при определении тепловой мощности, с которой должен работать каждый котлоагрегат является получение максимального общего КПД котлоагрегатов.

Целевой функцией в таком случае является:

$$\eta_{общ} \rightarrow Max$$

Целесообразно использовать средневзвешенный общий КПД котельной установки:

$$\eta_{общ}^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_i \cdot Q_{к.а.i}}{\sum_{i=1}^m Q_{к.а.i}} \rightarrow Max \quad (2)$$

Особенность работы котлов заключается в том, что КПД котла нелинейно зависит от его производительности, и максимальный КПД котла мы получим при работе котла приблизительно на 70-80 % от его номинальной мощности [2].

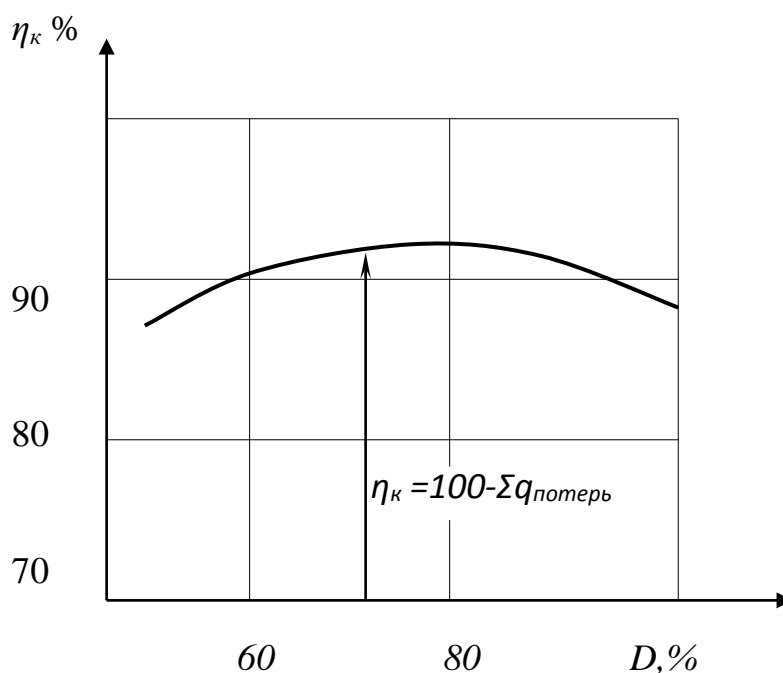


Рисунок 1 – Зависимость КПД котла от нагрузки по производству теплоносителя  $D$

Для оперативного определения и обеспечения необходимого количества параллельно работающих котельных агрегатов НТКС, а также их рациональной тепловой производительности, исходя из целевой функции максимума средневзвешенного КПД, необходимо внедрять систему автоматического управления комплексом теплоснабжения шахты.

Так, данная система должна удовлетворять условиям (1) и (2), и при этом обеспечивать условия безаварийного протекания процесса горения твердого топлива в топках НТКС, что достигается путем поддержания значений температуры НТКС  $T_{ин}$  и скорости дутьевого воздуха  $V_n$  в определенных границах [3]. Поскольку в нашем случае в шахтной котельной работают несколько топок НТКС на один коллектор, то необходимо исследовать состояние технологических параметров во всех топках. При этом температура НТКС в топках может быть неодинаковой для получения необходимой суммарной теплоотдачи.

Температура НТКС зависит от производительности топок. Таким образом, для поддержания теплоотдачи агрегатов на требуемом уровне необходимо поддерживать такие значения температуры НТКС, которые соответствуют заданным мощностям топок и при

этом следить, чтобы ее значение не выходило за критические. При этом исходим из следующей зависимости [3]:

$$T = f(Q),$$

где  $Q$  – количество тепла, выработанного топкой.

При этом регулирование температуры НТКС будем осуществлять путем изменения расхода твердого топлива, и скорости дутьевого воздуха [4]. Для получения упрощенного воздействия на котельный агрегат необходимо решать следующую системы уравнений для каждого  $i$ -го котельного агрегата НТКС:

$$\begin{cases} Q_{к.а.}_i = f(V_i, C_i, \xi_i) \\ T_i = f(Q_{к.а.}_i) \end{cases} \quad (3)$$

При наложенных ограничениях (5):

$$\begin{aligned} T_{\min} &\leq T_i \leq T_{\max}, \\ V_{\min} &\leq V_i \leq V_{\max}; \end{aligned} \quad (4)$$

где  $T_i$  – температура НТКС в  $i$ -й топке НТКС;

$V_i$  – скорость дутьевого воздуха в  $i$ -й топке НТКС,

$B_i$  – массовый расход топлива в каждой топке,

$\xi_i$  – сумма возмущающих воздействий на  $i$ -ю топку.

Исходя из выражения (3) делаем вывод, что работу топок НТКС по заданной производительности можно регулировать изменением расхода топлива и скорости дутьевого воздуха. Изменяя данные параметры можно не только менять тепловую мощность топок, но и предупреждать возникновение аварийных режимов – шлакования или спекания слоя.

При этом взаимосвязь данных технологических параметров в явном виде можно вывести исходя из следующих зависимостей. С одной стороны уравнение теплового напряжения воздухораспределительной решетки имеет вид [4]:

$$q_F = \frac{B \cdot Q_H^P}{10^3 F}, \quad (5)$$

где  $F$  – площадь воздухораспределительной решетки;

$Q_H^P$  – низшая теплотворная способность топлива.

С другой стороны:

$$q_F = 3.6 M V_n \frac{Q_H^P}{\alpha_n \mathcal{G}_0}, \quad (6)$$

где  $M = 2$  – число псевдоожижения;

$\mathcal{G}_0$  – теоретически необходимый расход воздуха для полного протекания реакции горения топлива,

$\alpha_n$  – коэффициент избытка воздуха (учитывая необходимость обеспечения псевдоожиженного состояния топлива в слое  $\alpha_n > 1.5$ ).

Исходя из того, что тепло, полезно вырабатываемое каждым котельным агрегатом при сжигании твердого топлива, определяется как:

$$Q_{к.а.}_i = Q_H^P \cdot B, \quad (7)$$

а также с учетом зависимостей (5) и (6) получим выражение, в явном виде связывающее основные технологические параметры топки НТКС:

$$Q_n(B, V_n) = \frac{\alpha_n \cdot B^2 \cdot Q_n^P \cdot g_0}{M \cdot V_n \cdot F \cdot 3600}, \quad (8)$$

Таким образом, выведена зависимость между теплом, вырабатываемым топкой, и ее технологическими параметрами - расходом твердого топлива и скоростью дутьевого воздуха. Значит, изменяя эти параметры, мы можем регулировать тепловую производительность топки в зависимости от требуемых показателей.

Технически значительно проще регулировать работу топки изменяя скорость дутьевого воздуха. Этот показатель изменяется в зависимости от угла поворота лопаточек направляющего аппарата дутьевого вентилятора, а для измерения его фактических значений применяется дифтрансформаторный датчик скорости воздуха. При регулировании производительности топки по расходу твердого топлива главной проблемой, обусловленной рядом факторов, является невозможность прямого измерения фактических значений данного показателя. Однако, данный способ дает больший экономический эффект – позволяет экономить твердое топливо.

Таким образом, целесообразно проектировать автоматическую систему регулирования работы каждой топки НТКС по контурам “Топливо” и “Дутьевой воздух”, в которой в качестве источников информационных сигналов о состоянии объекта используются датчики скорости дутьевого воздуха и расхода твердого топлива. При этом для оценивания тепловой производительности топки будем использовать косвенный параметр – температуру НТКС.

Данная система будет использоваться в качестве локальной для регулирования тепловой производительности каждой топки НТКС, в соответствии с заданием полученным от САУ верхнего уровня (САУ комплексом теплоснабжения шахты) по критерию (2).

В качестве технических решений для построения САУ комплексом теплоснабжения шахты предлагаем применять приборы известных фирм, надежность и эксплуатационные характеристики которых поддерживаются на высоком уровне. В том числе, для регулирования технологических параметров топок НТКС возможно принять измерители-регуляторы технологических параметров фирмы Microlog Systems серии МЛ, которые обеспечивают высокую точность измерений и высокое качество регулирования. Для контроля фактического теплоснабжения абонентов системы целесообразно принять теплосчетчики MULTICAL фирмы Kamstrup.

#### Перечень ссылок

1. Токарев О.В., Ткаченко А.Е. Критерии оптимальной совокупной работы топок низкотемпературного кипящего слоя на тепловую сеть // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных работ XV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 20-22 мая 2015 г. - Донецк, ДонНТУ, 2015. – 267 с.
2. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1998. - 528 с.: ил.
3. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов/Ж.В. Вискин, В.И. Шелудченко и др. - Донецк: Типография “Новый мир”, 1997. - 284 с.
4. Материалы международной школы-семинара «Проблемы тепло и массообмена в современной технологии сжигания и газификации твердого топлива», Ч.2, Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова АН БССР, 1988 - 151 с.