

ISSN 1811-1858

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ



С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ
ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІ

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СЕРИЯ



1'2013

ПМУ ХАБАРШЫСЫ
ВЕСТНИК ПГУ

**А. Н. Каупин, Р. К. Айтулов, Т. К. Молдабаев,
А. И. Глазырин**

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

В данной работе рассматривается энергосбережение в промышленных котельных.

Промышленная котельная – это техническая система, предназначенная для получения пара или горячей воды за счет сжигания топлива. Основу котельной составляет котельный агрегат. Кроме котельного агрегата котельная включает вспомогательное оборудование, служащее для подготовки и подачи топлива, воды, воздуха, а так же для очистки дымовых газов и удаления (или утилизации) продуктов сгорания.

Котельные могут работать на твердом топливе (уголь), жидком (мазут) или газообразном (природный газ). Имеются универсальные котельные, могущие работать на различных видах топлива. На рисунке 1 показана функциональная схема промышленной котельной, работающей на твердом топливе.

Котельные на жидком или газообразном топливе отличаются его подачей и системой зажигания. При жидком топливе используется форсунка, которая его распыляет, а при газообразном топливе применяются газовые горелки, обеспечивающие его равномерную подачу в зону горения.

Для определения мест экономии теплоты, рассмотрим тепловой баланс котельной.

Приходящая часть теплоты определяется следующим образом:

$$Q_{вх} = Q_{топ} + Q_{фт} + Q_{в}$$

где $Q_{\text{топ}}$ – низшая теплота сгорания топлива, Дж.;

$Q_{\text{фТ}}$ – физическая теплота топлива, как тела, Дж.;

$Q_{\text{в}}$ – теплота, вносимая с воздухом, Дж.

Обычно $Q_{\text{топ}}$ гораздо больше $Q_{\text{фТ}}$ и $Q_{\text{в}}$, что дает возможность считать

$$Q_{\text{вх}} = Q_{\text{топ}}$$

Расходная часть теплового баланса включает следующие величины:

$$Q_{\text{вых}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

где Q_1 – полезная теплота, то есть, теплота, используемая в котле, пароперегревателе и водяном экономайзере, Дж.;

Q_2 – потери теплоты с уходящими дымовыми газами, Дж.;

Q_3 – потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива, Дж.;

Q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, Дж.;

Q_5 – потери теплоты в окружающее пространство, Дж.;

Q_6 – потери теплоты с выводимой золой и шлаками, Дж.

С учетом принятых допущений тепловой баланс котельной можно представить в следующем виде:

$$Q_{\text{топ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Разделив на $Q_{\text{топ}}$ и умножив на 100% получим:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$$

Здесь q_1 – процентное отношение соответствующей составляющей расходной части теплового баланса к теплоте сгорания топлива.

Коэффициент полезного действия котла равен отношению полезно расходуемой теплоты к теплоте сгорания топлива.

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_1}{Q_{\text{топ}}} \times 100 = q_1 = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

Как следует из теплового баланса и схемы промышленной котельной, энергосбережение обеспечивается следующими путями.

Тепловые потери с уходящими газами. Снижение температуры уходящих газов является основной задачей, которая должна решаться путем развитием хвостовых поверхностей нагрева в экономически оправданных размерах в сочетании с оптимальным режимом эксплуатации котлов. Достаточно указать, что увеличение температуры уходящих газов на 12–15 °С приводит к возрастанию потерь на 1 %.

q_2 , q_3 , q_4 – тепловые потери соответственно с уходящими газами, с химическим и механическим недожогом топлива можно уменьшить:

– снижение присосов холодного воздуха в котлоагрегате;

– предотвращение шлакования экранных и радиационных поверхностей нагрева (шлакование может быть результатом неудовлетворительного воздушного режима, тепловых перекосов, отсутствия регулярной обдувки золы и обивки шлака; сжигание топлива, имеющего пониженную против

расчетной температуры плавления золы, работы топочного объема с чрезмерными тепловыми напряжениями);

– предотвращение заноса золой газоходов котлоагрегата (занос золой является результатом недостаточного осаждения золы в пределах топочной камеры из-за чрезмерного расхода воздуха, большого разрежения в топке, перегрузки топки, образование кратерного горения в слоевых топках, пониженных скоростей газов – менее 4 м/с, неравномерное распределении газового потока по сечению газохода);

– поддержание чистоты наружных поверхностей нагрева: защита от загрязнения их золой и сажей путем регулярной обдувки, применение присадок при сжигании сернистого мазута, делающих отложения на поверхности нагрева более сыпучим;

– поддержание чистоты внутренних стенок поверхности нагрева, защита от отложений на них накипи и шлама (последние являются результатом неудовлетворительной докотловой водоподготовки, не налаженности водно-химического режима котлоагрегата, несоблюдения режима продувки для своевременного отвода шлама, отсутствие химического контроля над качеством исходной, химически очищенной, питательной и продувочной воды, а также над конденсатом, возвращаемым потребителем;

– поддержание в барабане котла номинально давления, обеспечивающего расчетную ступень охлаждения газов в экономайзере;

– поддержание расчетной температуры питательной воды с целью более полного использования теплоты уходящих газов в экономайзере;

– поддержание оптимального режима нагрузки котлоагрегатов (для котлов с возвратом уноса при уменьшении нагрузки увеличивается для вторичного дутья и, следовательно, избыток воздуха в топке; при повышении нагрузки температура уходящих газов повышается);

– улучшение работы конвективных поверхностей нагрева, заключающееся в правильном устройстве перегородок, направляющих газы;

– обеспечение герметичности газовых перегородок и их сопряжение с футеровкой, исключая перетекание газов мимо конвективных пучков котла;

– обеспечение топлива марки и качества, для которых было выбрано и рассчитано топочное устройство;

– применение острого дутья, позволяющего сжигать твердое топливо с меньшим избытком топлива;

– перевод котлоагрегатов с твердого топлива на природный газ (сжигание газа обеспечивает снижение температуры уходящих газов за счет уменьшения коэффициента расхода воздуха, улучшение теплообмена вследствие отсутствия загрязнения поверхностей нагрева);

– установка развитых хвостовых поверхностей;

– применение контактных экономайзеров для котлоагрегатов, работающих на газообразном топливе;

Тепловые потери от химической неполноты сгорания при сжигания угля. Мероприятия для снижения тепловых потерь от химической неполноты сгорания:

- обеспечение достаточного для горения количества воздуха и хорошего смешения его с топливом;
- применение острого дутья, особо рекомендуется при сжигании каменных углей с большим выходом летучих и при недостаточном объеме воздуха (эффект острого дутья достигается за счет увеличения турбулентности потока и связанного с этим улучшения сгорания);
- механизированный непрерывный заброс топлива на решетку;
- обеспечение подвода всего воздуха, необходимого для горения мазута, к корню факела (частицы мазута не получившие в начале факела необходимого количества воздуха, образуют сажистые частицы, которые трудно воспламеняются при любых количествах вторичного воздуха);
- применение мазутных форсунок, обеспечивающих тонкое распыление топлива и активное перемешивание его с воздухом;
- снижение вязкости мазута путем подогрева до необходимой температуры и фильтрации его;
- модернизация газогорелочных устройств (правильно выбранные и установленные газовые горелки практически могут обеспечить полное отсутствие потерь от химической неполноты сгорания);
- поддержание оптимального теплового напряжения топочного объема Q/V_0 (повышенное против оптимального значения Q/V_0 может привести к увеличению q_3);
- подача воздуха на горелку из зон с наиболее теплым воздухом;
- перевод котлов на автоматическое регулирование процесса горения для поддержания в заданных пределах соотношения “топливо-воздух”.

Правильное ведение процесса горения необходимо контролировать по содержанию O_2 или RO_2 в дымовых газах.

Тепловые потери от механической неполноты сгорания. Мероприятия по снижению тепловых потерь от механической неполноты сгорания q_4 для твердого топлива:

- дробление крупных кусков и отсеивание мелочи;
- недопустимость сжигания в слоевых топках существующих конструкций заштыбленных многодольных антрацитов АРШ и АСШ;
- возврат в топку провала и уноса для их дожигания;
- острое дутье; при котором максимальный размер частиц уноса уменьшается 2,5 раза (происходит это за счет увеличения времени пребывания частиц топлива в топочной камере вследствие удлинения траектории потока и сепарации взвешенных частиц);
- правильное распределение воздуха по решетке;

- поддержание оптимального теплового напряжения зеркала горения;
- замена ручных топок механическими;
- применение для сжигания древних отходов топок Померанцева.

Вторичное использование тепла дымовых газов и шлаков является наиболее трудной задачей. Трудности обусловлены тем, что котельная является нагревательной установкой, тепловые потери стремятся свести к минимуму уже при ее проектировании. Тем не менее, в рамках энергосбережения можно рассматривать такие мероприятия, как использование горячих шлаков для подогрева теплиц в весеннее время для ускорения получения тепличной продукции. Кроме того, отводимое тепло дымовых газов может использоваться для подогрева биомассы в установках по производству биотоплива.

Одним из эффективных направлений энергосбережения является внедрение системы автоматического управления котельными агрегатами. С целью повышения эффективности использования топлива и более точного отслеживания процесса горения, и регулировки температуры теплоносителя, подающегося на отопление, предлагается внедрение системы автоматического управления комплексом котельных агрегатов. Экономия топлива, потребляемого котельной, после внедрения мероприятия составит 3-5 %.

Система автоматического управления предназначена для автоматического управления паровыми котлами, работающими на газообразном топливе, а также для регулировки температуры выдаваемого теплоносителя, поступающего на отопление.

Обследование большого количества котельных позволяет сделать вывод, что, как правило, на котельных отсутствуют теплоутилизаторы на выходе экономайзеров котлов. В результате температура уходящих дымовых газов из экономайзеров котельных агрегатов составляет в среднем при 75 % нагрузке 150 °С. Данное положение приводит к значительным потерям тепловой энергии и, как следствие, к перерасходу природного газа.

Предлагается установить на выходе котлов теплоутилизаторы для утилизации теплоты продуктов горения. Установка теплоутилизаторов позволит снизить температуру уходящих газов до 80 °С. Данная температура дымовых газов безопасна для материалов газохода, поскольку выше температуры точки росы. Температура точки росы составляет 56,5 °С. Полученную тепловую энергию предлагается использовать для подогрева питательной воды котлов перед деаэраторами. Экономия природного газа от величины топлива, потребляемого котельной, составит 1-2 %.

Установка в здании автоматизированного теплового пункта позволит значительно снизить теплоснабжение здания за счет:

- автоматического устранения перетопа зданий в осенне-весенний период отопительного сезона, когда теплоисточник для удовлетворения

нужд горячего водоснабжения отпускает теплоноситель с постоянной температурой, превышающей потребную для систем отопления;

– автоматического учета теплоступлений от солнечной радиации и внутренних тепловыделений отдельно по фасадам здания;

– возможности автоматического снижения температуры внутри здания в нерабочее время (в ночное время, в выходные и праздничные дни).

Экономия тепловой энергии составит ориентировочно от 15-20% от суммарного потребления тепловой энергии на отопление.

Экономия электрической энергии и холодной воды от внедрения мероприятия, может составлять соответственно до 30 % от потребляемой повысительной станцией электрической энергии и до 10 % холодной воды проходящей через повысительную станцию.

Мероприятия по энергосбережению в промышленных котельных разнообразны. Среди них повышение КПД котлоагрегатов за счет снижения температуры уходящих газов, использование тепла продувочной воды, рациональное снижение давления пара от давления в барабане котла до давления, требуемого в технологических аппаратах, рациональное распределение нагрузки между несколькими котлоагрегатами, работающими одновременно и др.

При рассмотрении мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива наиболее приоритетными являются такие, применение которых позволяет не только обеспечить значительную экономию, но и позволяют повышать производительность и надежность теплотехнических установок.

Экономия топлива можно получить при замещении пара, полученного от собственной котельной, паром, отпускаемым с ТЭЦ. Тогда необходимо учитывать КПД передающих сетей от централизованного источника.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 22.04.13.

А. Н. Каупин, Р. К. Айтұлов, Т. К. Молдабаев, А. И. Глазырин
Өндірістік қазандарлағы энергияны сақтауы

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 22.04.13 редакцияға түсті.

A. N. Kaupin, R. K. Aitulov, T. K. Moldabaev, A. I. Glazyrin
Energy saving in industrial boilers

Pavlodar State University
named after S. Toraiygyrov, Pavlodar.
Material received on 22.04.13.

Бұл жұмыста өндірістік қазандардағы энергияны сақтауы қарастырылады.

This work considers the energy efficiency in industrial boilers.