

УДК 621.182

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПО МЕТОДИКЕ М.Б. РАВИЧА ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВ

Джежора С.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Тарасевич Л.А.

Составление теплового баланса по результатам периодически проводимых теплотехнических испытаний каждого котельного агрегата является частью общей задачи нормирования, учета и расхода топлива котельной установкой. Данные теплового баланса представляют характеристику экономичности котла. Объективность оценки определения КПД котлоагрегата является важным стимулом экономии топливно-энергетических ресурсов.

Существующие общие положения о порядке учета и контроля ТЭР не регламентируют методы анализа технического состояния и эффективности работы оборудования. Выбор методик обработки результатов теплотехнических испытаний осуществляется согласованным решением инженерно-технического персонала предприятия и специализированной наладочной организацией.

При определении КПД по различным методикам, как правило, получается неполное соответствие результатов. При использовании одних и тех же данных измерений невязка теплового баланса при подсчете КПД по различным формулам составляет обычно 0,2–0,3 %, а в некоторых случаях может достигать 1,0–1,5 %.

Таким образом, при неудовлетворительном выборе расчетного алгоритма оценка эффективности отдельных мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов может оказаться искаженной.

В большинстве случаев по результатам теплотехнических испытаний котлоагрегата при определении КПД используется методика М.Б. Равича. В основе метода М.Б. Равича лежит ряд преобразований уравнений определения потерь с уходящими газами ( $q_2$ ) и потерь химической неполноты сгорания ( $q_3$ ).

Определение потерь  $q_4$ ,  $q_5$ ,  $q_6$  не отличается от нормативного метода. Определение КПД котлоагрегата вычисляется по обратному балансу.

Исходная идея преобразования уравнения определения потерь с уходящими газами заключается в формальной замене весьма малостабильной величины – теплоты сгорания топлива – значительно более постоянной для определения групп топлив характеристикой – жаропроизводительностью.

В этом случае формула М.Б. Равича определения потерь с уходящими газами имеет вид

$$q_2 = \frac{t_{yx} - l \cdot t_{ex}}{t_{max}} \cdot [C' + (m - 1) \cdot B \cdot K'] \cdot 100$$

где  $m$  – коэффициент разбавления продуктов сгорания воздухом;

$l$ ,  $B$  – усредненные характеристики топлива, определяются по таблицам в зависимости от вида топлива;

$C'$ ,  $K'$  – поправочные коэффициенты, зависят от температуры продуктов сгорания;

$t_{max}$  – индивидуальная топливная характеристика.

Таким образом, вместо громоздких вычислений удельных объемов и энтальпий продуктов сгорания в данном методе используются две обобщенные характеристики  $t_{max}$  и  $B$  и два табличных параметра.

Однако рациональность исходной идеи скомпрометирована рядом искусственных упрощений, вводимых автором метода с целью сохранения компактности расчетной формулы для  $q_2$ . По приведенным в работе [1] оценкам сжигания газообразных топлив и мазута в сопоставлении с нормативным методом среднее отклонение  $\Delta q_2$  в сторону преуменьшения составляет 0,17 %, в сторону преувеличения – 0,13 %. Соответственно с

обратным знаком вносится методическая погрешность в оценку фактического КПД топливоиспользующего агрегата.

Ввод коэффициента  $l$  вносит уточнение в определение  $q_2$  при эксплуатационных значениях коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ) в пределах 1,0–1,2. Если по каким-либо причинам топливо сжигается с более высоким  $\alpha$ , то расчетная потеря тепла оказывается заметно завышенной против фактической.

Особенно велико значение методической погрешности для забалластированных топлив. Так в случае индивидуального сжигания доменного газа при  $t_{\text{вх}}=30^\circ\text{C}$  расчетная потеря тепла с уходящими газами занижена на 0,95 %. Соответственно КПД котла или нагревательной печи оказывается искусственно завышенным примерно на 1 %.

Дополнительная погрешность определения  $q_2$  по методу М.Б. Равича возникает в результате необоснованного усреднения значений  $t_{\text{макс}}$  для некоторых видов топлив. Эта составляющая общей погрешности особенно заметна при сжигании забалластированных топлив и мазута. Во всех практических расчетах для доменного газа однозначно принимается  $t_{\text{макс}} = 1470^\circ\text{C}$ . Однако как показал статистический анализ состава доменных газов по 22 металлургическим заводам, действительное значение  $t_{\text{макс}}$  изменяется от 1400 до  $1535^\circ\text{C}$ .

Очевидно, что при принятии к расчету среднего значения  $t_{\text{макс}}$  для отдельных потребителей доменного газа систематическая относительная погрешность определения  $q_2$  может достигать 4,8 %, а дополнительная абсолютная погрешность определения КПД – 0,5 %.

Рекомендуемое [2] для мазутов значение  $t_{\text{макс}} = 2100^\circ\text{C}$  относится к обезвоженному мазуту марок М40 и М100. Используя справочные данные о теплоте сгорания и о теоретических удельных объемах продуктов сгорания нетрудно убедиться, что при сжигании мазутов различных марок с механическим распыливанием значение  $t_{\text{макс}}$  составляет 2060– $2140^\circ\text{C}$ , а при паровом распыливании снижается –  $1990\text{--}2030^\circ\text{C}$ . В последнем случае относительная погрешность определения  $q_2$  составляет около 4 %, а КПД оказывается завышенным в среднем на 0,4 %.

Поэтому в условиях ужесточения требований к экономии топливно-энергетических ресурсов практическое использование формулы М.Б. Равича определения потерь с уходящими газами рекомендуется применять в большей степени для предварительной оценки с дальнейшим уточнением по нормативному методу.

#### Литература

1. Равич, М.Б. Эффективность использования топлива. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
2. Янкелевич, В.Я. Наладка газомазутных промышленных котельных. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 216 с.