

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В КОТЛОАГРЕГАТЕ

Котлоагрегаты ежегодно расходуют большое количество топливно-энергетических ресурсов, поэтому совершенствование процессов горения в котле может способствовать энергосбережению.

В. И. Назаров, к.т.н., доцент
Л. А. Тарасевич, к.т.н., доцент
П. В. Назаров, студент БНТУ

Введение

Важнейшим фактором эффективности работ по наладке котлоагрегатов является экономия топлива. Режимная карта, составленная в определенный период года, не учитывает изменения плотности воздуха в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, подаваемого на горение. В этой связи соблюдение режимов котлоагрегата согласно режимной карте приводит, как правило, к пережогам топлива. От этого недостатка могут избавить автоматические системы регулирования (АСР) расхода общего воздуха, подаваемого на горение. Оснащение котельных агрегатов автоматическими системами регулирования расхода общего воздуха относится к малозатратным и достаточно эффективным энергосберегающим технологиям.

Достоинства автоматических систем регулирования расхода воздуха

Основными параметрами, характеризующими качество процесса горения в котлоагрегатах, являются уровни содержания в уходящих газах оксида углерода и кислорода. Использование этих параметров для непрерывного контроля работы котла, а следовательно, и общего расхода воздуха на горение позволяет улучшить энергетические показатели работы котлоагрегата.

Внедрение АСР расхода общего воздуха с коррекцией по оксиду углерода (СО) и кислороду (O₂) улучшает энергетические показатели работы котлоагрегата за счет:

- повышения КПД брутто котла вследствие уменьшения коэффициента избытка воздуха

в топке, приводящего к уменьшению объема и температуры уходящих газов, а значит, к снижению потери тепла с уходящими газами;

- сокращения расхода электроэнергии на тягу-дутье из-за уменьшения объема общего воздуха и, соответственно, объема уходящих газов.

Изменение КПД котла брутто при отклонении температуры наружного воздуха (t_o) от режимного значения определяется формулой:

$$\Delta\eta_{к1}^{бр} = q_2 \frac{\Delta t_{xb}}{t_{yx} - t_{xb}}, \quad (1)$$

где q_2 – номинальные потери теплоты с уходящими газами, определяемые по режимной карте котла, %;

t_{yx} – температура уходящих газов, определяемая по режимной карте котла, °С;

t_{xb} – температура холодного воздуха после вентиляторов, при которой составлялась режимная карта котла, °С;

Δt_{xb} – среднее отклонение температуры холодного воздуха за расчетный интервал времени (τ) от t_{xb} , °С, определяется как:

$$\Delta t_{xb} = t_{xb}^{cp} - t_{xb},$$

где t_{xb}^{cp} – средняя за период температура холодного воздуха, °С.

Изменение КПД котла брутто при отклонении барометрического давления от режимного значения (P_6):

$$\Delta\eta_{к2}^{бр} = 0,001 q_2 \Delta P_6, \quad (2)$$

где ΔP_6 – среднее отклонение барометрического давления за расчетный интервал времени (τ) от P_6 , мм рт. ст., при котором составлялась режимная карта котла, определяется как:

$$\Delta P_6 = P_6^{cp} - P_6,$$

где P_6^{cp} – среднее барометрическое давление за расчетный интервал времени, мм рт. ст.

Изменение КПД котла брутто за счет изменения коэффициента избытка воздуха в топке:

$$\Delta\eta_{к3}^{бр} = q_2 \frac{\Delta\alpha_{экс}}{\alpha_r}, \quad (3)$$

$$\Delta\alpha_{экс} = \alpha_m - \alpha'_m, \quad (4)$$

где α_m, α'_m – коэффициент избытка воздуха в топке котла до и после внедрения АСР, определяют-ся как:

$$\alpha_m = \frac{21 - \rho O_2}{21 - O_2}, \quad \alpha'_m = \frac{21 - \rho O'_2}{21 - O'_2},$$

где $\rho = 0,1$ – газ, $\rho = 0,05$ – мазут;

O_2, O'_2 – концентрация кислорода в режимном сечении котла до и после внедрения АСР, %.

Суммарное изменение КПД котла брутто:

$$\sum \Delta\eta_k^{бр} = \Delta\eta_{к1}^{бр} + \Delta\eta_{к2}^{бр} + \Delta\eta_{к3}^{бр}. \quad (5)$$

Знание суммарного изменения КПД котла брутто позволяет оценить эффективность проведенного мероприятия путем определения годовой экономии условного топлива (т у.т.) (ΔB_m), как:

$$\Delta B_m = \sum \Delta\eta_k^{бр} B_m^H h_{уст} / \eta_{ка}^{бр}, \quad (6)$$

где B_m^H – номинальный расход условного топлива на котел, т у.т./ч,

$h_{уст}$ – число часов использования установленной мощности котла в рассматриваемом периоде τ после внедрения мероприятия, ч:

$$h_{уст} = \frac{D_\tau}{D_n^H},$$

где D_τ – выработка пара котлом за рассматриваемый период после внедрения мероприятия, т;

D_n^H – номинальная паровая нагрузка котла, т/ч;

$\eta_{ка}^{бр}$ – КПД брутто котлоагрегата до внедрения мероприятия, %.

Изменение расхода электроэнергии на тягу-дутье определяется по формуле (кВт·ч):

$$\Delta \mathcal{E}_{тл} = 1,85 \Delta\alpha_{экс} \mathcal{E}_{тл} D_\tau, \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_{тл}$ – нормативный удельный расход электроэнергии на тягу-дутье, определяемый из режимной карты котла.

Экономия топлива вследствие снижения расхода электроэнергии на тягу-дутье рассчитывается следующим образом, т у.т.:

$$\Delta B_{\text{сн}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{тд}} b_{\text{ээ}}^{\text{кэс}} \cdot 10^{-6}, \quad (8)$$

где $b_{\text{ээ}}^{\text{кэс}}$ – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замещающей КЭС, г у.т./кВт·ч

Общая экономия топлива составит, т у.т.:

$$\Delta B = \Delta B_m + \Delta B_{\text{сн}}. \quad (9)$$

Пример расчета эффективности внедрения АСР расхода общего воздуха на котле ДЕ-10-14

приведен в таблицах 1 и 2. Исходные данные $t_{\text{ух}}, t_{\text{хв}}, \Delta t_{\text{хв}}, q_2$ взяты из режимной карты и по ним по формуле (1) определено $\Delta \eta_{\text{к1}}^{\text{бр}}$.

Затем по данным режимной карты было определено ΔP_6 , на основании которого по формуле (2) было определено $\Delta \eta_{\text{к2}}^{\text{бр}}$. С использованием экспериментальных данных и данных режимной карты по формуле (4) было определено $\Delta \alpha_{\text{экс}}$, а затем по формуле (3) произведен расчет $\Delta \eta_{\text{к3}}^{\text{бр}}$.

Суммарное изменение КПД котла брутто приведено в последнем столбце табл. 1.

Изменение КПД котла после оснащения котельной АСР

Таблица 1

$t_{\text{ух}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{хв}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\text{хв}}, ^\circ\text{C}$	$q_2, \%$	$\Delta \eta_{\text{к1}}^{\text{бр}}, \%$	$\Delta P_6, \text{мм рт. ст.}$	$\Delta \eta_{\text{к2}}^{\text{бр}}, \%$	α_m	α'_m	$\Delta \alpha_{\text{экс}}$	$\Delta \eta_{\text{к3}}^{\text{бр}}, \%$	$\Sigma \Delta \eta_{\text{к}}^{\text{бр}}, \%$
140	10	8	6,4	0,4	10	0,064	1,05	1,04	0,01	0,06	0,524

Подставляя в формулу (6) данные из режимной карты (табл. 2) ($B_{\text{т}}^{\text{н}}, \eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}, D_{\text{п}}^{\text{н}}$) и определенное $h_{\text{уст}}$, рассчитываем годовую экономию условного топлива (ΔB_m) (т у.т.).

Затем, зная выработку пара котлом за рассматриваемый период после внедрения мероприятия ($D_{\text{т}}$), нормативный удельный расход электроэнергии на тягу-дутье, определяемый

из режимной карты котла ($\mathcal{E}_{\text{тд}}, \alpha_m, \alpha'_m$), удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замещающей КЭС, т у.т./кВт·ч (табл. 2), по формуле (8) определяем экономию топлива вследствие снижения расхода электроэнергии на тягу-дутье ($\Delta B_{\text{сн}}$). Общая экономия топлива определяется по формуле (9). Численный результат экономии топлива приведен в последнем столбце табл. 2.

Эффективность внедрения АСР

Таблица 2

$B_{\text{т}}^{\text{н}}, \text{т у.т.}$	$h_{\text{уст}}, \text{ч}$	$\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}, \%$	$\Delta B_m, \text{т у.т.}$	$D_{\text{т}}, \text{т}$	$\mathcal{E}_{\text{тд}}, \text{кВт·ч/т}$	$\Delta \mathcal{E}_{\text{тд}}, \text{кВт·ч/т}$	$b_{\text{ээ}}^{\text{кэс}}, \text{г у.т./кВт·ч}$	$\Delta B_{\text{сн}}, \text{т у.т.}$	$\Delta B, \text{т у.т.}$
0,01	4000	92	20,5	40 000	2,5	1850	310	0,6	21,1