

**КРУЧИНКИНА О. А.**

## **АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ КПД КОТЛОАГРЕГАТА**

**Аннотация.** Рассматривается алгоритм определения эффективной оценки КПД котлоагрегата при контроле на входе энергоценности и расхода газа, а выходе энтальпии и расхода воды. Эффективный КПД котлоагрегата – это отношение эффективной мощности на выходе к входу. Значение эффективных мощностей получено через статистические характеристики вероятностных процессов ее составляющих.

**Ключевые слова:** котлоагрегат, нагрузка, тепловая энергия, энтальпия, расход сетевой воды, энергоценность газа, вероятностные характеристики.

**KRUCHINKINA O. A.**

## **AN EFFICIENT ALGORITHM OF BOILER EFFICIENCY ASSESSMENT**

**Abstract.** The article presents an efficient algorithm of boiler efficiency assessment, considering the power value and gas consumption inlet and the enthalpy and water consumption outlet. The boiler efficiency is a ratio of the effective power outlet and inlet. The value of the effective powers is calculated through statistical characteristics of probabilistic processes of its components.

**Keywords:** boiler, work capacity, thermal energy, enthalpy, consumption of network water, gas power value, probabilistic characteristics.

Основная доля затрат при производстве тепловой энергии приходится на топливо. Топливная составляющая в себестоимости тепловой энергии доходит до 70% и имеет тенденцию роста. Рост топливной составляющей в себестоимости тепловой энергии связан, главным образом, с автоматизацией процесса горения и высвобождением операторов. Применение современных средств автоматизации в горелочных устройствах котлоагрегатов с целью минимизации расхода топлива предполагает широкое варьирование режимами горения. Однако при расчете потребности в топливе для котельной пользуются методикой [1], утвержденной Минэнерго, которая учитывает только установившейся режим работы котлоагрегатов в четырех характерных режимах. Поэтому норматив топлива, утвержденный в тарифе, не покрывает фактических затрат. С переходом на долгосрочные тарифы разница от недоучета в изменении режимов может быть весьма существенной. Оценка полной мощности при колебательных режимах работы, например, электроагрегатов и дизель-генераторов, имеет расхождения с активной на 20-25%. В связи с этим при колебаниях нагрузки котлоагрегатов, вызванных как внешними метеорологическими условиями, так и внутренними факторами, нужно оценивать их КПД с учетом переменных составляющих.

Кроме того, требования учета переменной составляющей необходимо учитывать при создании узлов учета тепловой энергии.

Для колебательных систем со значительной величиной постоянной составляющей, к которым относится энтальпия и расход теплоносителя, оценка КПД предполагает последовательность шагов.

1. Записывают реализации процессов изменения энтальпии, расхода сетевой воды, энергоценности топлива, расхода газа как:

$$\Delta h_{bi}, g_{bi}, \varepsilon_{\Gamma i}, i = 1 \dots N \text{ с шагом } \Delta \tau.$$

2. Рассчитываются вероятностные характеристики процессов:

- математическое ожидание энтальпии сетевой воды;

$$\Delta h_{bo} = \frac{1}{N} \sum \Delta h(i),$$

- математическое ожидание расхода сетевой воды;

$$\Delta g_{bo} = \frac{1}{N} \sum \Delta g_b(i),$$

- математическое ожидание энергоценности газа;

$$\Delta \varepsilon_{\Gamma o} = \frac{1}{N} \sum \Delta \varepsilon(i),$$

- математическое ожидание расхода газа;

$$\Delta g_{\Gamma o} = \frac{1}{N} \sum \Delta g_{\Gamma}(i),$$

- среднее квадратическое отклонение энтальпии сетевой воды;

$$\sigma_{\Delta h_b} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta h_i - \Delta h_{bo})^2},$$

- среднее квадратическое отклонение расхода сетевой воды;

$$\sigma_{\Delta g_b} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta g_{bi} - \Delta g_{bo})^2},$$

- среднее квадратическое отклонение энергоценности газа;

$$\sigma_{\Delta \varepsilon_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta \varepsilon_i - \Delta \varepsilon_{\Gamma o})^2},$$

- среднее квадратическое отклонение расхода газа;

$$\sigma_{\Delta g_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta g_{\Gamma i} - \Delta g_{\Gamma o})^2},$$

- корреляция по воде;

$$\sigma_{\Delta h_b g_b} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta h_i - \Delta h_{bo})^2 \cdot (\Delta g_{bi} - \Delta g_{bo})^2},$$

- корреляция по топливу;

$$\sigma_{\Delta \varepsilon_{\Gamma} g_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta \varepsilon_i - \Delta \varepsilon_{\Gamma o})^2 \cdot (\Delta g_{\Gamma i} - \Delta g_{\Gamma o})^2},$$

- коэффициент линейной корреляции для воды;

$$\rho_{\Delta h_b g_b} = \frac{\sigma_{\Delta h_b g_b}}{\sigma_{\Delta h_b} \sigma_{\Delta g_b}},$$

- коэффициент линейной корреляции для топлива;

$$\rho_{\Delta \varepsilon_{\Gamma} g_{\Gamma}} = \frac{\sigma_{\Delta \varepsilon_{\Gamma} g_{\Gamma}}}{\sigma_{\Delta \varepsilon_{\Gamma}} \sigma_{\Delta g_{\Gamma}}}.$$

3. Определяются величины энергий:

- эффективная величина выработанной тепловой энергии

$$Q_{ab} = \Delta h_{bo} \Delta g_{bo} + \sigma_{\Delta h_b} \sigma_{\Delta g_b} \rho_{\Delta h_b g_b},$$
$$Q_{a\Gamma} = \Delta \varepsilon_{\Gamma o} \Delta g_{\Gamma o} + \sigma_{\Delta \varepsilon_{\Gamma}} \sigma_{\Delta g_{\Gamma}} \rho_{\Delta \varepsilon_{\Gamma} g_{\Gamma}}.$$

4. Определяется эффективный КПД котлоагрегата:

$$\eta = \frac{Q_{ab}}{Q_{a\Gamma}} 100\%.$$

Ниже на примере работающего котлоагрегата типа ТВГ-8, принадлежащего ОАО «СаранскТеплоТранс», приведены результаты расчета его вероятностных характеристик (таблица 1).

## Результаты расчета вероятностных характеристик котлоагрегата типа ТВГ-8

Наименование показателя	Режим №1	Режим №2
$\Delta h_{bo}$ , Дж/кг	150021,51	145438,70
$\Delta g_{bo}$ , кг/с	51,93	46,26
$\Delta \varepsilon_{Go}$ , Дж/кг	33512536,56	33512536,56
$\Delta g_{Go}$ , кг/с	0,28	0,28
$\sigma_{\Delta h_b}$ , Дж/кг	18670,16	24635,43
$\sigma_{\Delta g_b}$ , кг/с	0,14	10,78
$\sigma_{\Delta \varepsilon_G}$ , Дж/кг	99857,77	99857,77
$\sigma_{\Delta g_G}$ , кг/с	0,05	0,05
$\sigma_{\Delta h_b g_b}$	2660,52	361065,67
$\sigma_{\Delta \varepsilon_G g_G}$	4659,02	4659,02
$\rho_{\Delta h_b g_b}$	1,01	1,36
$\rho_{\Delta \varepsilon_G g_G}$	0,95	0,95
$Q_{ab}$ , Вт	7793037,25	7089457,49
$Q_{aG}$ , Вт	9248533,69	9248533,69
$\eta$ , %	84,26	76,65

Как видно из результатов расчета, практически при одинаковой затраченной тепловой мощности выработанная мощность отличается более чем на 9%. С насыщением котлоагрегатов более совершенными средствами автоматизации выработанная мощность будет более отличаться от затраченной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по организации в Минэнерго России работы по расчету и обоснованию нормативов удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электрических станции и котельных: Приказ Минэнерго России № 323 от 30 декабря 2008 г.