

УДК 620.9

## ОБОБЩЕННАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО КОМПЛЕКСНЫМ КРИТЕРИЯМ

Л.А. Сагитова, магистр гр.МТ-41, I курс

Ю.В. Чиркова, аспирант

Научный руководитель: А.А. Гаврилова, к.т.н., доцент

Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
г. Самара

На сегодняшний день большинство энергетического оборудования работает в нерасчетных режимах. Это связано с изменением характера суммарной производственной и отопительной нагрузки после перехода к рыночной экономике. Для выбора оптимальных режимов работы оборудования необходим анализ комплексной эффективности этого оборудования.

Одним из способов получения обобщенных оценок эффективности является метод Data Envelopment Analysis (DEA) или Анализ среды функционирования (АСФ) [1]. Он позволяет проводить сравнительный анализ деятельности сложных технических, экономических и социальных систем. Его главным достоинством является минимальное использование субъективной информации о рангах частных критериев качества, сворачиваемых в обобщенный критерий эффективности на дискретных множествах состояний [2].

Нами была поставлена задача исследования комплексной эффективности работы парового котла на разных производительностях по частным критериям.

В работах [3] и [4] был сформулирован обобщенный критерий эффективности котлоагрегата. В качестве входных параметров были приняты: расход природного газа  $G_e$ , тм<sup>3</sup>/ч; удельный расход электроэнергии на тягу и дутье  $\mathcal{E}_{TD}$ , кВтч/тп; КПД «брутто»  $KPD$ , %; паропроизводительность  $D_0$ , т/ч; содержание оксидов азота в продуктах сгорания  $NO_x$ , мг/Нм<sup>3</sup>.

Обобщенный критерий эффективности был определен исходя из условий максимизации  $KPD$  и  $D_0$  и минимизации  $G_e$ ,  $\mathcal{E}_{TD}$  и  $NO_x$  и выглядел с.о.

$$f_n = \max_{u_{in}, v_{jn} \in G} \frac{u_{1n} \cdot D_{0n} + u_{2n} \cdot KPD_n}{v_{1n} \cdot G_{e_n} + v_{2n} \cdot \mathcal{E}_{TD_n} + v_{3n} \cdot NO_{X_n}}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

где  $u_{1n}$ ,  $u_{2n}$ ,  $v_{1n}$ ,  $v_{2n}$ ,  $v_{3n}$  – положительные весовые коэффициенты.

Система ограничений для функционала (1) была сформирована в виде:

$$\begin{aligned} \frac{u_{11} \cdot D_{01} + u_{21} \cdot KPD_1}{v_{11} \cdot G_{e_1} + v_{21} \cdot \mathcal{E}_{TD_1} + v_{31} \cdot NO_{X_1}} &\leq 1, \\ \frac{u_{12} \cdot D_{02} + u_{22} \cdot KPD_2}{v_{12} \cdot G_{e_2} + v_{22} \cdot \mathcal{E}_{TD_2} + v_{32} \cdot NO_{X_2}} &\leq 1, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{u_{1N} \cdot D_{0N} + u_{2N} \cdot КПД_N}{v_{1N} \cdot G_{e_N} + v_{2N} \cdot \mathcal{E}_{T\Delta N} + v_{3N} \cdot NO_{x_N}} \leq 1.$$

Проанализировав получившиеся результаты расчетов по сравнению различных режимов работы котла №4 Нк-ТЭЦ-1, мы можем отметить следующее: значение показателей сравнительной оценки эффективности получились равными  $f_n = 1$  для 52% от общего числа режимов, на которых проводились испытания. Такое большое количество одинаково хороших режимов работы котла значительно затрудняет анализ и не позволяет сравнивать режимы между собой.

С учетом этого проведем формирование обобщенного критерия эффективности в два этапа: свернем частные критерии эффективности в обобщенные показатели экономичности, технологичности и экологичности, а далее получившиеся обобщенные показатели эффективности свернем в глобальный критерий эффективности.

Для того чтобы избежать одинаковых результатов увеличим количество входных параметров:

- Расход топлива,  $G_{mon.l}$ ;
- Удельный расход электроэнергии на тягу и дутье,  $\mathcal{E}_{md}$ ;
- Температуру уходящих газов,  $t_{yx,n}$ ;
- Отклонение от оптимального значения разряжения в топке котла,  $\Delta P_n$ ;
- Содержание оксидов азота в продуктах сгорания,  $V_{NO_x,n}$ ;
- Содержание оксидов углерода в продуктах сгорания,  $V_{CO_x,n}$ ;
- Содержание диоксидов углерода в продуктах сгорания,  $V_{CO_{2x},n}$ .
- КПД,  $\eta_n$ .

Так как мы проводим анализ эффективности для совокупности режимов работы одного котлоагрегата, паропроизводительность  $D_0$  не будем принимать в качестве входного агрегата, поскольку она характеризует состояние множества дискретных событий для одного объекта.

Сформируем обобщенный критерий экономичности:

$$f_{\text{экон.}} = \max_{a_{jn}, b_{jn} \in G} \frac{a_{1n} \cdot \eta_n}{b_{1n} \cdot G_{mon.l,n} + b_{2n} \cdot \mathcal{E}_{md}}, \quad n=1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

где  $N$  – кол-во объектов,  $a_{in}$  и  $b_{jn}$  – весовые коэффициенты.

Система ограничений, определяющая область весовых коэффициентов  $G$  будет выглядеть с.о.:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{a_{11} \cdot \eta_1}{b_{11} \cdot G_{mon.l.1} + b_{21} \cdot \mathcal{E}_{mo.1}} \leq 1, \\ \frac{a_{12} \cdot \eta_2}{b_{12} \cdot G_{mon.l.2} + b_{22} \cdot \mathcal{E}_{mo.2}} \leq 1, \\ \dots \\ \frac{a_{1n} \cdot \eta_n}{b_{1n} \cdot G_{mon.l.n} + b_{2n} \cdot \mathcal{E}_{mo.n}} \leq 1, \end{array} \right. \quad (4)$$

Обобщенный критерий технологичности определим следующим образом:

$$f_{mexn} = \max_{c_{jn} \in G} \frac{1}{c_{1n} \cdot t_{yx,n} + c_{2n} \cdot \Delta P_n}, \quad n=1, 2, \dots, N \quad (5)$$

где  $c_{jn}$  – весовые коэффициенты.

Система ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{c_{11} \cdot t_{yx1} + c_{21} \cdot \Delta P_1} \leq 1, \\ \frac{1}{c_{12} \cdot t_{yx2} + c_{22} \cdot \Delta P_2} \leq 1, \\ \dots \\ \frac{1}{c_{1n} \cdot t_{yx,n} + c_{2n} \cdot \Delta P_n} \leq 1, \end{array} \right. \quad (6)$$

Обобщенный критерий экологичности примет вид:

$$f_{\text{экол.}} = \max_{d_{jn} \in G} \frac{1}{d_{1n} \cdot V_{n NO_x} + d_{2n} \cdot V_{n CO} + d_{3n} \cdot V_{n CO_2}}, \quad n=1, 2, \dots, N \quad (7)$$

$d_{jn}$  – весовые коэффициенты

Система ограничений для функционала (7):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d_{11} \cdot V_{1 NO_{1x}} + d_{21} \cdot V_{1 CO} + d_{31} \cdot V_{1 CO_2}} \leq 1, \\ \frac{1}{d_{12} \cdot V_{2 NO_x} + d_{22} \cdot V_{2 CO} + d_{32} \cdot V_{2 CO_2}} \leq 1, \\ \dots \\ \frac{1}{d_{1n} \cdot V_{n NO_x} + d_{2n} \cdot V_{n CO} + d_{3n} \cdot V_{n CO_2}} \leq 1, \end{array} \right. \quad (8)$$

Далее сформируем глобальный критерий эффективности сравнительной совокупности объектов, который является комбинацией обобщенных критериев эффективности (1), (3), (5).

$$f = \max_{a_i b_j c_j d_j \in G} u_{1n} f_{\text{экол.}} + v_{1n} f_{\text{экон.}} + t_{1n} f_{\text{техн.}}, \quad (9)$$

$n=1, 2, \dots, N$ .

Система ограничений весовых коэффициентов глобального критерия эффективности формируется аналогично системам (4), (6), (8).

Таким образом, глобальный критерий характеризует комплексную оценку в качестве работы оборудования по совокупности всех частных показателей эффективности.

### **Список литературы**

1. Дилягенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем. Самара: ООО «Офорт», 2005.
2. Посашков М.В., Салов А.Г., Немченко В.И. Реинжиниринг структуры управления газораспределительной организации // Науч.-экон. журнал «Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом». – 2014 - №1.
3. Гаврилова А.А., Гаврилов В.К. Многокритериальная оценка эффективности функционирования энергетического оборудования. /В сб.: Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. III всеросс. науч. конф./ Инж. акад. РФ; СамГТУ. – Самара: РИО СамГТУ, 2006.
4. Гаврилова А.А., Гаврилов В.К., Косолапов Д.Ю. Методика оценивания сравнительной эффективности работы основного технологического оборудования ТЭЦ. /В сб.: Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. IV всеросс. науч. конф./ Инж. акад. РФ; СамГТУ. – Самара: РИО СамГТУ, 2007.