

УДК 681.513.3

doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.11

*А. Ю. МЕЗЕРЯ***ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОТЛОВ ТЭС ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ**

АННОТАЦИЯ Поставлена задача оптимизации режимов работы котельного оборудования тепловых электростанций по критерию минимума энергетических потерь и намечены пути её решения. Определены основные технологические параметры и внешние возмущения, оказывающие влияние на величину энергетических потерь в прямоточных котлах ТЭС. Составлена математическая модель задачи оптимизации режимов работы котлов по критерию минимума энергетических потерь.

Ключевые слова: котёл, тепловая электростанция, оптимизация, энергосбережение, энергосберегающее управление.

*A. MEZERYA***OPTIMIZING THE OPERATING CONDITIONS OF BOILERS OF THERMAL POWER PLANTS USING THE CRITERION OF MINIMUM POWER LOSSES**

ABSTRACT This scientific paper gives the definition of the formal optimization problem of operating conditions for the equipment of thermal power plants using the criterion of minimum power losses and defines the methods of its solution. The main process parameters and external perturbations that influence the value of power losses in the direct flow boilers of thermal power stations have been defined. The mathematical model of the optimization problem of operating conditions for the equipment of thermal power plants using the criterion of minimum power losses has been constructed. The objective function, the vectors of input and output parameters, process limitations and the vector of external perturbation actions have been defined. The mathematical optimization model includes the basic parameters of steam, fuel, air, feed water and escaping gases and also the activating agents that make the combustion process more efficient. It has been shown that the task of the real-world problem of the optimization of operating conditions of the boiler using minimum power losses is to evaluate the parameters of controlled values at which energy losses in the boiler will be minimum (at a fixed value of the unit power) and construct the optimal statistical regulation curves of the boiler in the entire range of its normal operation. The offered optimization method of the operation of steam boilers of power plants allows for the reduction of energy losses in the boiler and for the improvement of technoeconomic indices of its operation.

Key words: boiler, thermal power station, optimization, power saving, energy saving control.

Введение

Основным тепловым оборудованием тепловых электростанций (ТЭС) является паровой котёл (ПК). Технологические параметры работы ПК оказывают значительное влияние на удельный расход топлива и себестоимость вырабатываемой тепловой и электрической энергии, определяя тем самым экономичность работы станции в целом. Удорожание органического топлива и физический износ котельного оборудования приводят к необходимости выявления возможных резервов энергосбережения, их научного обоснования и интеграции энергосберегающих алгоритмов управления котлоагрегатами в существующие автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).

В работе [1] изложен научный принцип энергосберегающего управления технологическими объектами и процессами, в котором параметр энергетических потерь является отдельной функцией управления. Максимальная реализация энергосберегающего потенциала оборудования требует комплексного подхода, который включает в себя постановку задачи оптимизации эксплуатационных характеристик по критерию минимума энергетических потерь с соблюдением необходимых

технологических ограничений.

Постановка задачи

Задача оптимизации эксплуатационных параметров блоков ТЭС в целом и отдельных его агрегатов сложная, т.к. приходится иметь дело с многопараметрической оптимизацией в условиях неполной информации [2]. Целью энергосберегающего управления паровым котлом в основных стационарных режимах его работы является обеспечение заданных значений параметров пара на выходе из котла при минимальных суммарных потерях энергии.

Задачей данной работы является развитие принципов энергосберегающего управления технологическими объектами с целью снижения потерь и повышения уровня использования технологической информации в АСУ ТП, подсистемах экономического управления, на уровне систем автоматического управления (САУ) и регулирования (САР).

Результаты исследования

В качестве критерия оптимальности при создании энергосберегающей АСУ ТП может слу-

© А. Ю. Мезеря, 2016

жить минимум суммарных энергетических потерь при поддержании необходимых параметров на заданном уровне, обусловленном технологическим процессом, показателями надёжности, безопасности и др.

Тогда поиск оптимального энергосберегающего режима можно осуществить в результате решения следующей задачи:

$$\begin{cases} V = \Delta N; \\ \min_{X_{\text{вх}}^{\text{рег}}, R} \Delta N (X_{\text{вх}}, Y_{\text{вых}}, R, H, E); \\ R(X_{\text{вх}}, Y_{\text{вых}}, E) \geq 0; \\ H(X_{\text{вх}}, Y_{\text{вых}}) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где V – функция цели,

$$V = \{\Delta N_1 \dots \Delta N_N\} = \{v_1 \dots v_N\}; \quad (2)$$

$Y_{\text{вых}}$ – выходные зависимые оптимизируемые параметры,

$$Y_{\text{вых}} = \{y_{\text{вых}1} \dots y_{\text{вых}W}\}; \quad (3)$$

$X_{\text{вх}}$ – входные зависимые и независимые оптимизируемые параметры (регулируемые),

$$X_{\text{вх}} = \{x_{\text{вх}1} \dots x_{\text{вх}M}\}; \quad (4)$$

E – внешние возмущения,

$$E = \{\varepsilon_1 \dots \varepsilon_U\}; \quad (5)$$

R – векторная функция ограничений-неравенств (включает ограничения снизу и сверху на такие зависимые параметры как расход острого пара на турбину, электрическая мощность турбоагрегата и др.),

$$R = \{r_1^{\min, \max} \dots r_K^{\min, \max}\}; \quad (6)$$

H – векторная функция ограничений-равенств, включает уравнения, описывающие технологические связи между элементами схемы, энергетические и материальные балансы элементов технологической схемы,

$$H = \{h_1 \dots h_L\} \quad (7)$$

и др.

В основе математической модели лежит допущение, что все переменные, параметры, ограничения и целевая функция модели количественно измеримы. Задача на условный экстремум обычно имеет смысл, когда $K < M$. Именно в этом случае множество допустимых решений может содержать более одной точки.

Из допустимой области исходной задачи выделяется подобласть, являющаяся окрестностью решения задачи. В пределах указанной области генерируются значения оптимизируемых параметров, вычисляются ограничения и значения измеряемых выходных параметров. Выбираются точки, в которых: выполняются ограничения; значения выходных параметров находятся в заданной окрестности решения; энергетические потери минимальны, т.е.

$$\begin{cases} S = \{x_{\text{вх}1}^{\text{опт}} \dots x_{\text{вх}M}^{\text{опт}}\}; \\ V = \min(v_1 \dots v_N); \\ Y_{\text{вых}} = Y_{\text{вых}}(R); \\ E = E. \end{cases} \quad (8)$$

Для решения задачи энергосберегающего управления математическую модель выходных параметров можно представить в виде зависимости

$$\begin{aligned} Y_{\text{вых}} &= X_{\text{вх}} + V + E = \\ &= X_{\text{вх}} A_{(Y_{\text{вых}} - X_{\text{вх}})} + C_{(Y_{\text{вых}} - X_{\text{вх}})} + \\ &+ [X_{\text{вх}} A_{(V - X_{\text{вх}})} + E A_{(V - E)}], \end{aligned} \quad (9)$$

где $A_{(i-n)}$, $C_{(i-n)}$ – коэффициенты линеаризации зависимостей соответствующих параметров, полученные в результате эксперимента, статистической обработки или теоретически. Они представляют собой суть взаимосвязей между входными, выходными и внутренними параметрами объекта управления, должны учитывать влияние возмущающих воздействий, старение оборудования и т.д. Параметры, как правило, имеют нелинейную зависимость, но в узком диапазоне изменений, обусловленном жёсткостью ограничений, их можно принять линейными.

Формализация задачи оптимизации по минимуму энергетических потерь в котельном оборудовании энергоблока будет выглядеть следующим образом:

– функция цели

$$V = \begin{pmatrix} q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \\ \Delta E_{\Gamma} \\ \Delta E_{\text{ад}} \\ \Delta N_{\Sigma} \end{pmatrix}; \quad (10)$$

– входные и выходные параметры

$$X_{\text{вх}} = \begin{pmatrix} G_{\Gamma} \\ G_{\text{в}} \\ G_{\text{п.в}} \\ G_{\text{уг}} \\ G_{\text{впр}} \\ G_{\text{ар}} \\ G_{\text{шп}} \\ G_{\text{пп}} \end{pmatrix}, \quad Y_{\text{вых}} = \begin{pmatrix} M_{\text{вр}}^{\Gamma} \\ D_{\text{п}} \\ P_{\text{п}} \\ T_{\text{п}} \\ T_{\text{топ}} \\ P_{\text{топ}} \end{pmatrix}; \quad (11)$$

– внешние возмущения

$$E = \begin{pmatrix} K_T^{\text{кол}} \\ K_T^{\text{кач}} \\ T_{\text{ос}} \\ P_{\text{ос}} \end{pmatrix}; \quad (12)$$

– ограничения на входные и выходные параметры

$$R_{\text{Хвх}} = \begin{pmatrix} G_T^{\text{min}} & G_T^{\text{max}} \\ G_B^{\text{min}} & G_B^{\text{max}} \\ G_{\text{п.в}}^{\text{min}} & G_{\text{п.в}}^{\text{max}} \\ G_{\text{уг}}^{\text{min}} & G_{\text{уг}}^{\text{max}} \\ G_{\text{впр}}^{\text{min}} & G_{\text{впр}}^{\text{max}} \\ 0 & G_{\text{ар}}^{\text{max}} \\ G_{\text{шл}}^{\text{min}} & G_{\text{шл}}^{\text{max}} \\ G_{\text{пп}}^{\text{min}} & G_{\text{пп}}^{\text{max}} \end{pmatrix}; R_{\text{Увых}} = \begin{pmatrix} M_{\text{впр}}^{\text{min}} & M_{\text{впр}}^{\text{max}} \\ D_{\text{п}}^{\text{min}} & D_{\text{п}}^{\text{max}} \\ P_{\text{п}}^{\text{min}} & P_{\text{п}}^{\text{max}} \\ T_{\text{п}}^{\text{min}} & T_{\text{п}}^{\text{max}} \\ T_{\text{топ}}^{\text{min}} & T_{\text{топ}}^{\text{max}} \\ P_{\text{топ}}^{\text{min}} & P_{\text{топ}}^{\text{max}} \end{pmatrix}; \quad (13)$$

– взаимосвязи между входными параметрами и функцией цели:

$$A_{V-\text{Хвх}} = \begin{pmatrix} A_{G_T}^{q2} & A_{G_B}^{q2} & 0 & A_{G_{\text{уг}}}^{q2} & 0 & A_{G_{\text{ар}}}^{q2} & 0 & 0 \\ A_{G_T}^{q3} & A_{G_B}^{q3} & A_{G_{\text{п.в}}}^{q3} & A_{G_{\text{уг}}}^{q3} & A_{G_{\text{впр}}}^{q3} & A_{G_{\text{ар}}}^{q3} & 0 & 0 \\ A_{G_T}^{q4} & A_{G_B}^{q4} & A_{G_{\text{п.в}}}^{q4} & A_{G_{\text{уг}}}^{q4} & A_{G_{\text{впр}}}^{q4} & A_{G_{\text{ар}}}^{q4} & A_{G_{\text{шл}}}^{q4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{G_{\text{уг}}}^{q5} & 0 & 0 & 0 & A_{G_{\text{пп}}}^{q5} \\ A_{G_T}^{q6} & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{G_{\text{ар}}}^{q6} & A_{G_{\text{шл}}}^{q6} & 0 \\ 0 & 0 & A_{G_{\text{п.в}}}^{Eг} & 0 & A_{G_{\text{впр}}}^{Eг} & 0 & A_{G_{\text{шл}}}^{Eг} & A_{G_{\text{пп}}}^{Eг} \\ 0 & A_{G_B}^{Eад} & 0 & A_{G_{\text{уг}}}^{Eад} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_{G_T}^{\Delta N} & A_{G_B}^{\Delta N} & A_{G_{\text{п.в}}}^{\Delta N} & A_{G_{\text{уг}}}^{\Delta N} & A_{G_{\text{впр}}}^{\Delta N} & A_{G_{\text{ар}}}^{\Delta N} & A_{G_{\text{шл}}}^{\Delta N} & A_{G_{\text{пп}}}^{\Delta N} \end{pmatrix}; \quad (14)$$

– взаимосвязи между входными и выходными параметрами:

$$A_{\text{Увых}-\text{Хвх}} = \begin{pmatrix} A_{G_T}^{M\text{впр}} & 0 & A_{G_{\text{п.в}}}^{M\text{впр}} & 0 & A_{G_{\text{впр}}}^{M\text{впр}} & A_{G_{\text{ар}}}^{M\text{впр}} & 0 & A_{G_{\text{пп}}}^{M\text{впр}} \\ 0 & 0 & A_{G_{\text{п.в}}}^{D\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{впр}}}^{D\text{п}} & 0 & 0 & A_{G_{\text{пп}}}^{D\text{п}} \\ A_{G_T}^{P\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{п.в}}}^{P\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{впр}}}^{P\text{п}} & A_{G_{\text{ар}}}^{P\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{пп}}}^{P\text{п}} \\ A_{G_T}^{T\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{п.в}}}^{T\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{впр}}}^{T\text{п}} & A_{G_{\text{ар}}}^{T\text{п}} & 0 & A_{G_{\text{пп}}}^{T\text{п}} \\ A_{G_T}^{T\text{топ}} & A_{G_B}^{T\text{топ}} & A_{G_{\text{п.в}}}^{T\text{топ}} & A_{G_{\text{уг}}}^{T\text{топ}} & 0 & A_{G_{\text{ар}}}^{T\text{топ}} & A_{G_{\text{шл}}}^{T\text{топ}} & 0 \\ A_{G_T}^{P\text{топ}} & A_{G_B}^{P\text{топ}} & A_{G_{\text{п.в}}}^{P\text{топ}} & A_{G_{\text{уг}}}^{P\text{топ}} & 0 & A_{G_{\text{ар}}}^{P\text{топ}} & A_{G_{\text{шл}}}^{P\text{топ}} & 0 \end{pmatrix}; \quad (15)$$

– взаимосвязи между функцией цели и внешними возмущениями:

$$A_{V-E} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & A_{T_{\text{ос}}}^{q2} & A_{P_{\text{ос}}}^{q2} \\ A_{K_{\text{кол}}}^{q3} & A_{K_{\text{кач}}}^{q3} & A_{T_B}^{q3} & 0 \\ A_{K_{\text{кол}}}^{q4} & A_{K_{\text{кач}}}^{q4} & A_{T_B}^{q4} & 0 \\ 0 & 0 & A_{T_{\text{ос}}}^{q5} & 0 \\ A_{K_{\text{кол}}}^{q6} & A_{K_{\text{кач}}}^{q6} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{T_{\text{ос}}}^{Eад} & A_{P_{\text{ос}}}^{Eад} \\ A_{K_{\text{кол}}}^{\Delta N} & A_{K_{\text{кач}}}^{\Delta N} & A_{T_{\text{ос}}}^{\Delta N} & A_{P_{\text{ос}}}^{\Delta N} \end{pmatrix}; \quad (16)$$

– внутренние взаимосвязи между входными параметрами:

$$H_{\text{Хвх}} = \begin{pmatrix} G_T \\ G_B \\ G_{\text{п.в}} \\ G_{\text{уг}} \\ G_{\text{впр}} \\ G_{\text{ар}} \\ G_{\text{шл}} \\ G_{\text{пп}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_{G_B}^{G_T} G_T & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_{G_{\text{п.в}}}^{G_T} G_T & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_{G_{\text{уг}}}^{G_T} G_T & A_{G_{\text{уг}}}^{G_B} G_B & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{G_{\text{впр}}}^{G_{\text{п.в}}} G_{\text{п.в}} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ A_{G_{\text{ар}}}^{G_T} G_T & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ A_{G_{\text{шл}}}^{G_T} G_T & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{G_{\text{шл}}}^{G_{\text{ар}}} G_{\text{ар}} & 1 & 0 \\ A_{G_{\text{пп}}}^{G_T} G_T & 0 & A_{G_{\text{пп}}}^{G_{\text{п.в}}} G_{\text{п.в}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad (17)$$

– внутренние взаимосвязи между выходными параметрами:

$$H_{\text{ввых}} = \begin{pmatrix} M_{\text{вр}} \\ D_{\text{п}} \\ P_{\text{п}} \\ T_{\text{п}} \\ T_{\text{топ}} \\ P_{\text{топ}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & A_{M_{\text{вр}}}^{D_{\text{п}}} D_{\text{п}} & A_{M_{\text{вр}}}^{P_{\text{п}}} P_{\text{п}} & A_{M_{\text{вр}}}^{T_{\text{п}}} T_{\text{п}} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & A_{D_{\text{п}}}^{P_{\text{п}}} P_{\text{п}} & A_{D_{\text{п}}}^{T_{\text{п}}} T_{\text{п}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & A_{P_{\text{п}}}^{T_{\text{п}}} T_{\text{п}} & A_{P_{\text{п}}}^{T_{\text{топ}}} T_{\text{топ}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & A_{T_{\text{п}}}^{T_{\text{топ}}} T_{\text{топ}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & A_{T_{\text{топ}}}^{P_{\text{топ}}} P_{\text{топ}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (18)$$

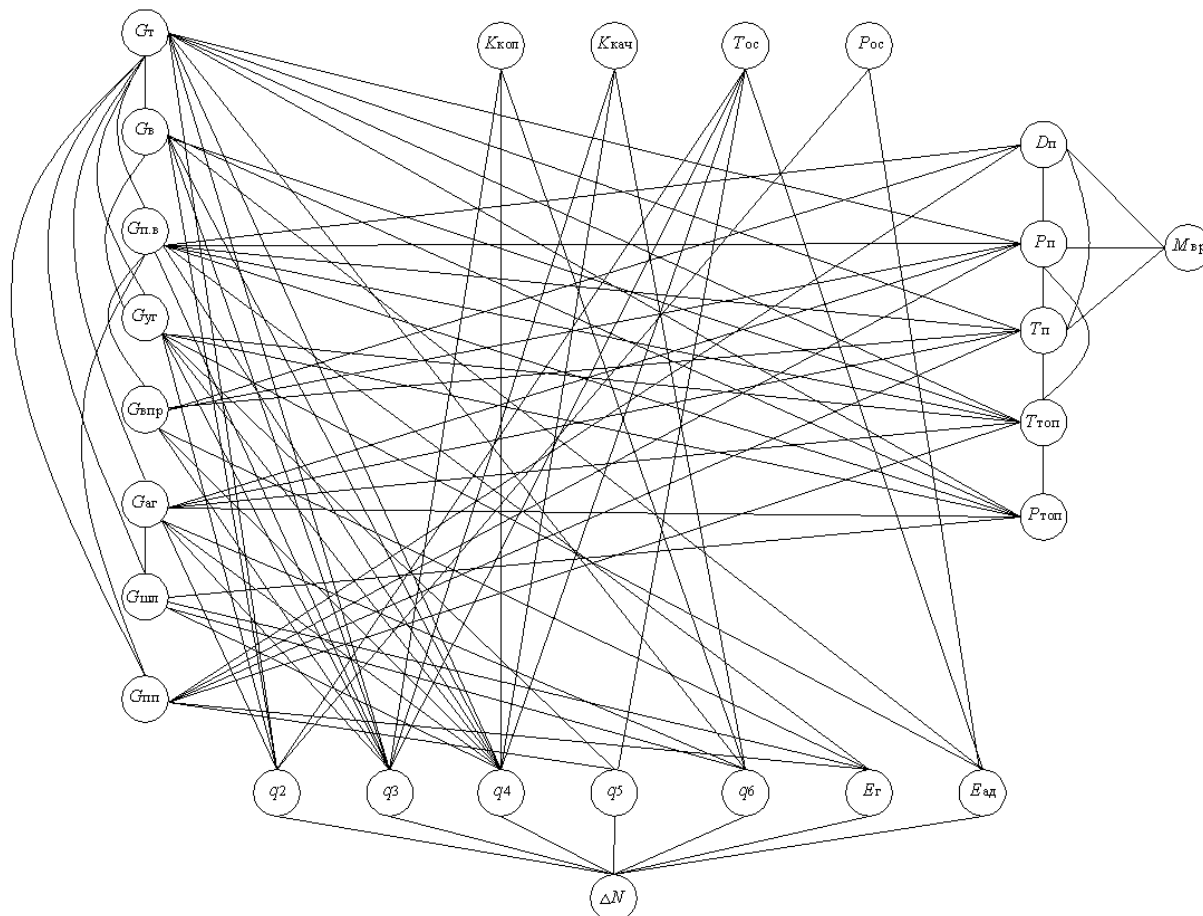


Рис. 1 – Граф взаимосвязей параметров котельного агрегата

Структура и порядок матриц коэффициентов $C_{(i-n)}$ аналогичны соответствующим параметрам матриц коэффициентов $A_{(i-n)}$, и для упрощения изложения не показаны.

Взаимосвязи параметров котла, технологических ограничений и внешних возмущений можно представить в виде графа на рис. 1.

В уравнениях (10)–(18) и на рис. 1: q_2 – q_6 – тепловые потери в котле; ΔE , ΔN – потери энергии и мощности; G – массовый расход; D – расход пара; $M_{\text{вр}}^T$ – вращающий момент турбины; P – давление; T – температура; K – коэффициент. Индексы: т – топливо; в – воздух; п.в – питательная вода; уг – уходящие газы; впр – впрыск воды; ар – активатор горения; шл – шлак; пп – промежуточный подогрев; кол – количество; кач – качество; ос –

окружающая среда; п – острый пар из котла; топ – топка; г – гидравлический; ад – аэродинамический.

Как отмечалось выше, модель получилась достаточно сложная, и для её практической реализации необходимо разбиение (редуцирование) общего технологического процесса ПК на ряд условно независимых процессов, объединенных общим технологическим циклом или имеющих единую физическую природу. Анализ существующих решений в этом направлении [3] показал, что наиболее адекватной редуцированной моделью будет модель, показанная на рис. 2, в которую дополнительно внесен контур «топливо-активатор» [4].

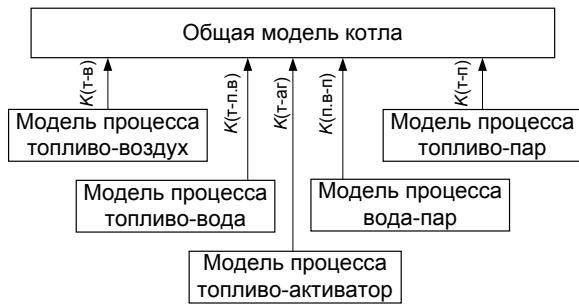


Рис. 2 – Редуцированная модель котла по основным технологическим процессам

Практическая задача оптимизации работы котла по минимуму энергетических потерь будет представлять собой нахождение значений параметров регулируемых величин, при которых потери энергии в котле будут минимальны (при фиксированном значении мощности блока, рис. 3а), а также построение статических эксплуатационных регулировочных характеристик котла во всём диапазоне его нормальной работы (рис. 3б).

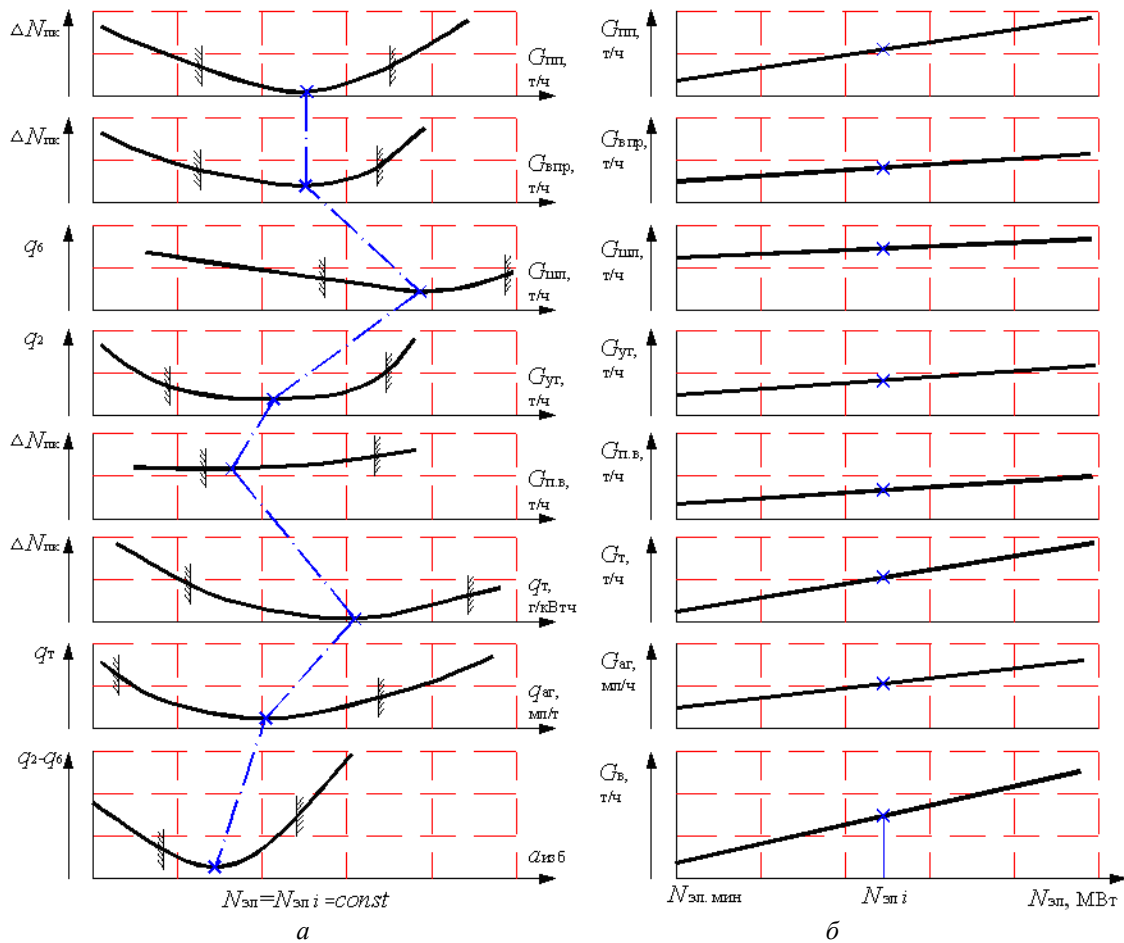


Рис. 3 – Определение оптимальных энергосберегающих режимов работы котла: а – зависимости энергетических потерь от основных параметров регулирования при фиксированной мощности блока и определение набора оптимальных параметров $S = \{x_{рег 1}^{opt} \dots x_{рег M}^{opt}\}$; б – статическая регулировочная характеристика котла, оптимальная по минимуму энергетических потерь

Выводы

1 Предложен метод оптимизации режимов работы паровых котлов электростанций по критерию минимума энергетических потерь, что позволит снизить потери энергии в котле и улучшить технико-экономические показатели его работы.

2 Поставлена формальная задача оптимизации и получены необходимые уравнения, необходимые для её решения.

Список литературы

- 1 **Канюк, Г. И.** Общие принципы энергосберегающего управления технологическими объектами [Текст] / **Г. И. Канюк** // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Т. 4, № 3(46). – 2010. – С. 42–44. – ISSN 1729-4061.
- 2 **Дуэль, М. А.** Развитие систем энергосберегающего автоматизированного управления энергопроизводством ТЭС и АЭС Украины [Текст] / **М. А. Дуэль,**

- Г. И. Канюк, А. Ю. Мезеря. – Харьков : Точка. – 2013. – 388 с. – ISBN 978-617-699-066-5.
- 3 Дуэль, М. А. Повышение эффективности энергосбережения при автоматизации энергопроизводства с использованием интегрированной АСУ ТЭС и АЭС [Текст] / М. А. Дуэль, Г. И. Канюк, А. Ю. Мезеря, И. А. Бабенко. – Харьков : Типография «Мадрид». – 2014. – 440 с. – ISBN 978-617-7050-41-3.
 - 4 Вольчин, И. А. Испытания активаторов горения на котлоагрегате ТП–100 [Текст] / И. А. Вольчин, А. Ю. Провалов // Энергетика та електрифікація. – 2012. – № 6(346). – С. 32–42.
 - 2 Duel, M. A., Kanyuk, G. I. and Mezerya, A. Y. (2013), *Razvitie sistem jenergosberegajushhego avtomatizirovannogo upravlenija jenergo proizvodstvom TJeS i AJeS Ukrainy [The Development of the systems of energy-save automatic management energy production in TES and AES of Ukraine]*, Tochka [Point publ.], Kharkov, Ukraine, ISBN 978-617-699-066-5.
 - 3 Duel, M. A., Kanyuk, G. I., Mezerya, A. Y. and Babenko, I. A. (2014), *Povyshenie jeffektivnosti jenergosberezhenija pri avtomatizacii jenergo proizvodstva s ispol'zovaniem integrirovannoj ASU TJeS i AJeS [Increasing to efficiency of energy-save at automations energy production with use integrated CAD TES and AES]*, Printing house "Madrid", Kharkov, ISBN 978-617-7050-41-3.
 - 4 Volchin, I. A. and Collapse, A. Yu. (2012), "Ispytanija aktivatorov gorenija na kotloagregate TP–100 [Combustion activator test on caldron TP-100]", *Energetyka ta elektrifikacija [Energetic and electrification]*, no. 6(346), pp. 32–42.

Bibliography (transliterated)

- 1 Kanyuk, G. I. (2010), "Obshhie principy jenergosberegajushhego upravlenija tehnologicheskimi ob#ektami [The general principles of energy-save management technological object]", *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]*, vol. 4, no. 3(46), pp. 42–44, ISSN 1729-4061.
- 4 Volchin, I. A. and Collapse, A. Yu. (2012), "Ispytanija aktivatorov gorenija na kotloagregate TP–100 [Combustion activator test on caldron TP-100]", *Energetyka ta elektrifikacija [Energetic and electrification]*, no. 6(346), pp. 32–42.

Сведения об авторах (About authors)

Мезеря Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики и энергосберегающих технологий, Украинской инженерно-педагогической академии, г. Харьков, Украина; e-mail: mezzera@mail.ru, ORCID 0000-0003-2946-9593.

Mezerya Andrey – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Department of Heat-and-Power Engineering and Energy Saving Technologies, Ukrainian Engineering and Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine.

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Мезеря, А. Ю. Оптимізація режимів роботи котлів ТЕС по критерию минимума энергетических потерь [Текст] / А. Ю. Мезеря // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 72–77. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.11.

Please cite this article as:

Mezerya, A. (2016), "Optimizing the Operating Conditions of Boilers of Thermal Power Plants Using the Criterion of Minimum Power Losses", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 10(1182), pp. 72–77, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.11.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Мезеря, А. Ю. Оптимізація режимів роботи котлів ТЕС за критерієм мінімуму енергетичних втрат [Текст] / А. Ю. Мезеря // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 72–77. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.11.

АНОТАЦІЯ Поставлено задачу оптимізації режимів роботи котельного устаткування теплових електростанцій за критерієм мінімуму енергетичних втрат та визначені шляхи її рішення. Визначено основні технологічні параметри і зовнішні збурювання, що суттєво впливають на величину енергетичних втрат у прямооточних котлах ТЕС. Складено математичну модель задачі оптимізації режимів роботи котлів за критерієм мінімуму енергетичних втрат.

Ключові слова: котел, тепла електростанція, оптимізація, енергозбереження, енергозберігаюче керування.

Поступила (received) 08.01.2016