

ЛИТЕРАТУРА

1. П а н т е л е й, Н. В. Комбинированная энерготехнологическая установка ЭТУ-1 и ее основные характеристики / Н. В. Пантелей // Тез. докл. науч.-техн. конф. студ. и асп. БНТУ. – Минск: БНТУ, 2003. – С. 67–68.
2. О л ь х о в с к и й, Г. Г. Энергетические ГТУ за рубежом / Г. Г. Ольховский // Теплоэнергетика. – 1992. – № 9. – С. 70–74.
3. Р е з у л ь т а т ы испытаний ГТЭ-110 // Теплоэнергетика. – 2002. – № 9.
4. П е р с п е к т и в ы и проблемы использования ГТУ и ПГУ в российской энергетике // Теплоэнергетика. – 2002. – № 9.
5. Т е п л о в о й расчет котельных агрегатов: нормативный метод / под ред. Н. В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 295 с.
6. Р и в к и н, С. Л. Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлива / С. Л. Ривкин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 105 с.
7. Р ы ж к и н, В. Я. Тепловые электрические станции / В. Я. Рыжкин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
8. Т е х н и ч е с к а я термодинамика: учеб. для вузов / под ред. В. И. Крутова. – М.: Высш. шк., 1981. – 439 с.
9. С а ж и н, Б. С. Эксергетический метод в химической технологии / Б. С. Сажин, А. П. Булеков. – М.: Химия, 1992. – 208 с.
10. Г о х ш т е й н, Д. П. Современные методы термодинамического анализа энергетических установок / Д. П. Гохштейн. – М.: Энергия, 1969. – 368 с.
11. Б о р о д я н с к и й, В. М. Эксергетический метод и его приложения / В. М. Бородинский. – М.: Энергия, 1988. – 288 с.
12. С а ж и н, Б. С. Эксергетический анализ работы теплоиспользующих установок / Б. С. Сажин, Б. С. Шутов. – М.: РИОМПИ, 1979. – 80 с.
13. Б о р о д я н с к и й, В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бородинский. – М.: Энергия, 1973. – 308 с.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 20.10.2006

УДК 621.311.22

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧНОСТИ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА

Инж. ВАКУЛИЧ Е. В.

Белорусский национальный технический университет

При анализе экономичности различных способов регулирования температуры промперегрева $t_{пп}$ применительно к энергоблоку мощностью 250 МВт [1, 2] возникла необходимость в получении аналитического выражения

$$\Delta B = f(\Delta Q, N), \quad (1)$$

где ΔB – перерасход топлива, вызванный расходом электроэнергии на тягодутьевые машины энергоблока, гидравлическим сопротивлением промежуточного пароперегревателя (ППП), впрыском питательной воды в тракт

ППП и изменением температуры уходящих газов $\Delta t_{\text{пп}}$, м³/ч; ΔQ – отклонение температуры газов на выходе из топки котельного агрегата (КА) от расчетной, °C; N – нагрузка КА, %.

Так как ранее предложенный метод определения ΔB применим для расчета перерасхода топлива только для трех фиксированных значений нагрузок – 50; 70 и 100 % от номинальной [1, 2], что не позволяет в полном объеме производить оценку эффективности предложенных способов регулирования $t_{\text{пп}}$, возникла необходимость в разработке аналитического выражения, позволяющего определять ΔB в любых точках интервалов ΔQ [–25, +25 °C] и N [50, 100 %], а также математической модели, позволяющей оценивать «интегральные» ΔB по каждому из предложенных методов регулирования.

В [1] получены значения ΔB в зависимости от указанных факторов (табл. 1)

Таблица 1

$\begin{matrix} Q_i, ^\circ\text{C} \\ N_i, \% \end{matrix}$	ΔQ_1	ΔQ_2	ΔQ_3
N_1	ΔB_{11}	ΔB_{12}	ΔB_{1j}
N_2	ΔB_{21}	ΔB_{22}	ΔB_{2j}
N_3	ΔB_{13}	ΔB_{23}	ΔB_{3j}

Для более полной оценки эффективности предложенных способов регулирования $t_{\text{пп}}$ необходимо произвести расчет годовой величины перерасхода топлива. Величину годового изменения перерасхода топлива $\Delta B_{\text{год}}$ на различных нагрузках определяем по формуле

$$\Delta B_{\text{год}} = (\Delta B^{-25} a_1 + \Delta B^0 a_2 + \Delta B^{+25} a_3) n \left(\frac{Q_p}{7000} \right) \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2)$$

где n – число часов работы КА в году, ч; Q_p – низшая теплота сгорания топлива, ккал/м³; 7000 – теплота сгорания условного топлива, ккал/м³; a_1, a_2, a_3 – доли времени работы КА в году с нагрузкой 50; 70 и 100 % от номинальной.

Графические зависимости, построенные по данным табл. 1 (рис. 1, 2), аппроксимируются уравнениями вида

$$\Delta B_{ij}(\Delta Q, N) = \alpha_0 + \alpha_1 N + \alpha_2 N^2. \quad (3)$$

Для решения поставленной задачи поэтапно аппроксимируем функцию $\Delta B = f(N)$ при условии $\Delta Q = \text{const}$ [3, 4], в результате чего получим следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \Delta B_1 &= a_1 + \beta_1 \Delta Q + c_1 \Delta Q^2; \\ \Delta B_2 &= a_2 + \beta_2 \Delta Q + c_2 \Delta Q^2; \\ \Delta B_3 &= a_3 + \beta_3 \Delta Q + c_3 \Delta Q^2. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

На основании полученного массива рассчитанных коэффициентов (5) из системы уравнений (4)

$$\left. \begin{array}{l} a_1 \beta_1 c_1; \\ a_2 \beta_2 c_2; \\ a_3 \beta_3 c_3 \end{array} \right\} \quad (5)$$

производится графическое построение зависимостей $(\alpha_1, \beta_2, c_3) = f(Q_1, Q_2, Q_3)$ при $N = \text{const}$ с последующей аппроксимацией, при которой определяются искомые коэффициенты $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$, необходимые для решения (2).

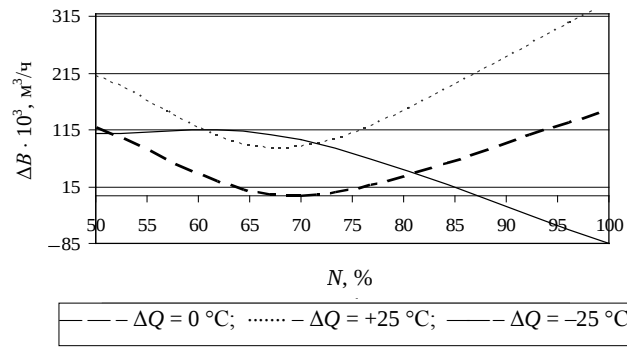


Рис. 1. Зависимость изменения перерасхода топлива ΔB от N (условие $\Delta Q = \text{const}$)

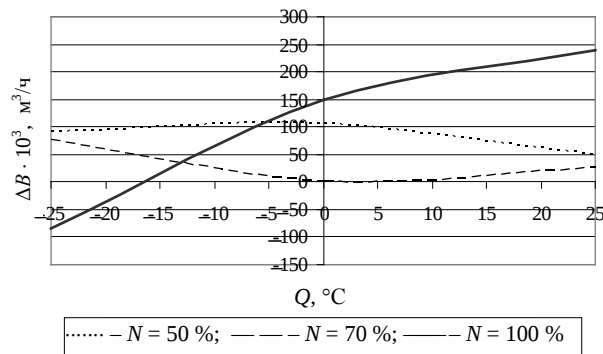


Рис. 2. Зависимость изменения перерасхода топлива ΔB от ΔQ ($N = \text{const}$)

После подстановки найденных искомых коэффициентов $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ из массива данных (4) в (2) получаем следующее выражение:

$$\Delta B_{ij}(\Delta Q, N) = (c_1 + d_1 \Delta Q + e_1 \Delta Q^2) N^2 + (c_2 + d_2 \Delta Q + e_2 \Delta Q^2) N + (c_3 + d_3 \Delta Q + e_3 \Delta Q^2), \text{ м}^3/\text{год}. \quad (6)$$

Для каждого из рассмотренных ранее вариантов [1] после подстановки данных получены следующие аналитические зависимости:

а) впрыск питательной воды из промступени ПЭН:

$$\Delta B_{ij}(\Delta Q, N) = (-0,002 \Delta Q^2 + 0,007 \Delta Q + 0,207) N^2 + (0,033 \Delta Q^2 - 0,798 \Delta Q - 30,119) N + (-1,159 \Delta Q^2 + 22,701 \Delta Q + 10,962), \text{ м}^3/\text{год}; \quad (7)$$

б) «стерегущий» впрыск из промступени ПЭН:

$$\Delta B_{ij}(\Delta Q, N) = (-0,0005 \Delta Q^2 + 0,003 \Delta Q + 0,411) N^2 + (0,013 \Delta Q^2 - 0,301 \Delta Q - 10,765) N + (-0,583 \Delta Q^2 + 7,275 \Delta Q + 586,343), \text{ м}^3/\text{год}; \quad (8)$$

в) с отказом от статического регулирования $t_{\text{пл}}$:

$$\Delta B_{ij}(\Delta Q, N) = (0,00008\Delta Q^2 + 0,004\Delta Q + 0,221)N^2 + (-0,012\Delta Q^2 - 0,442\Delta Q - 30,81)N + (0,427\Delta Q^2 + 10,413\Delta Q + 931,347), \text{ м}^3/\text{год}; \quad (9)$$

г) впрыск из охладителя дренажа «верхнего» ПВД:

$$\Delta B_{ij}(\Delta Q, N) = (-0,0002\Delta Q^2 + 0,004\Delta Q + 0,107)N^2 + (0,026\Delta Q^2 - 0,496\Delta Q - 18,129)N + (-0,934\Delta Q^2 + 14,353\Delta Q + 746,48), \text{ м}^3/\text{год}. \quad (10)$$

Полученные выражения позволяют оценить дискретные значения перерасхода топлива ΔB при любых значениях ΔQ и N , что не является достаточным условием полной оценки экономичности способа регулирования $t_{\text{пл}}$, поэтому необходимо проинтегрировать данные выражения по ΔQ и N во всем диапазоне изменений этих параметров

$$\Delta B = \frac{1}{\Delta N} \int_{N_1}^{N_2} \frac{1}{\Delta Q} \Delta B(\Delta Q, N) dN, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (11)$$

В результате подстановки данных из [2] и соответствующих преобразований после интегрирования по ΔQ получены следующие интегральные выражения по определению перерасхода топлива ΔB по каждому из предложенных способов регулирования $t_{\text{пл}}$:

а) впрыск питательной воды из промступени ПЭН:

$$\Delta B_{\text{год}}^a = \frac{1}{50} \int_{50}^{100} (-0,21N^2 - 23,28N + 854,74) dN = 5293 \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (12)$$

б) «стерегущий» впрыск из промступени ПЭН:

$$\Delta B_{\text{год}}^b = \frac{1}{50} \int_{50}^{100} (0,4N^2 - 8,06N + 0,45) dN = 4210 \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (13)$$

в) с отказом от статического регулирования $t_{\text{пл}}$:

$$\Delta B_{\text{год}}^в = \frac{1}{50} \int_{50}^{100} (0,23N^2 - 33,39N + 1020,4) dN = -333,4 \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (14)$$

г) впрыск из охладителя дренажа «верхнего» ПВД:

$$\Delta B_{\text{год}}^г = \frac{1}{50} \int_{50}^{100} (0,073N^2 - 5,71N + 551,05) dN = 1377 \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (15)$$

ВЫВОДЫ

1. Получены аналитические выражения, позволяющие определять дискретные значения перерасхода топлива ΔB при любых значениях нагрузок энергоблока и отклонениях температуры газов на выходе из топки от расчетной во всем диапазоне их изменений.

2. Построена математическая модель, позволяющая производить оценку эффективности предложенных способов регулирования $t_{пп}$, где в качестве критерия эффективности оценки использован «интегральный» перерасход топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паршин, А. А. Тепловые схемы котлоагрегатов / А. А. Паршин. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Назаров, В. И. Техничко-экономический анализ способов регулирования промежуточного перегрева пара в газомазутных котлах / В. И. Назаров, Е. В. Вакулич // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2006. – № 2.
3. Князева, Л. П. Аппроксимация функций / Л. П. Князева. – Минск: Вышэйш. шк., 2000.
4. Аникин, В. С. Дифференциальные приближения функций / В. С. Аникин. – М.: Высш. шк., 1988.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 14.02.2006

УДК 536.2.022:532.77

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Кандидаты техн. наук ЭЛЬДАРОВ В. С., ВАХАБОВ И. И., БАХТИЯРОВ А. Л.

Азербайджанская государственная нефтяная академия

Отсутствие достоверных теплофизических данных технически важных рабочих веществ, в том числе высокоминерализованных вод и многокомпонентных водных растворов в широком интервале параметров состояния, не позволяет проводить рациональную разработку и расчет многих теплоэнергетических процессов для выбора оптимальных рабочих режимов, где обработанные морские и соленые воды используются в качестве рабочего тела, тепло- и хладоносителей. При этом знания о теплофизических свойствах водных растворов солей при высоких параметрах состояния необходимы при проектировании и строительстве электрических станций, работающих на геотермальной воде.

Одной из важнейших задач при изучении водных растворов является исследование их теплопроводности. Имеющиеся в литературе опытные данные по теплопроводности водных и неводных систем недостаточны для разработки необходимых для практики уравнений и таблиц, поскольку измерения величин проводились в широкой области параметров состояния.

На основе анализа литературных данных [1–9] о теплопроводности водных растворов солей при высоких температурах, давлениях и концентрациях получена обобщающая формула, которая связывает коэффициент теплопроводности с температурой, давлением, концентрацией и коэффициентами, характерными для каждой системы электролита: