

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРОВОГО КОТЛА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Р.А. Ильин, А.К. Ильин

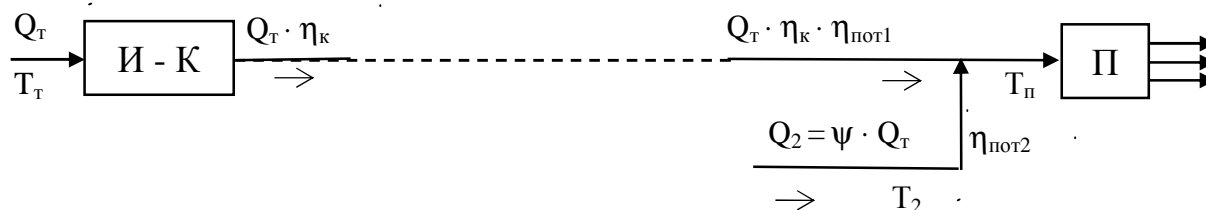
Астраханский государственный технический университет

*Анализируется на основе методики авторов эффективность использования парового котла при работе на потребитель в сочетании с дополнительными источниками теплоты.*

Котел паровой, сложная схема, эффективность, эксергия, методика

Проблема комбинирования источников энергии, в том числе – с низкопотенциальными, весьма важна с точки зрения повышения эффективности использования топлива [1-4 и др.]. В данной работе рассматривается схема работы топливного источника теплоты И-К (котел или т.п.) с подключением дополнительного низкопотенциального источника (низкопотенциальные сбросы тепловой энергии, утилизация уходящих газов, использование солнечных нагревателей и т.п.) для замещения части тепловой энергии от котла (первого источника). Тепловой энергией обеспечивается один потребитель П. Учитываются все потери теплоты. Схема соответствует современным тенденциям использования в системах теплоснабжения низкопотенциальных источников энергии.

Структура схемы комбинирования источников, из которых один – не топливный и низкопотенциальный, показана на рисунке.



Для оценки эксергетической эффективности теплоэнергетической системы «котел - система теплоснабжения» авторы рекомендуют применять коэффициент использования тепловой эксергии топлива [2] или коэффициент потерь эксергии в системе, который для этого случая представим в виде:

$$dh_{\Sigma} = (h_k \cdot h_{nom1} + \Psi \cdot h_{nom2}) \cdot t_{II} / (t_T + \Psi \cdot t_2), \quad (1)$$

где  $\Psi = Q_2 / Q_T$  - доля тепловой энергии, поступающей в систему от низкопотенциального источника теплоты,  $Q_2$  - количество теплоты, поступающей от дополнительного низкопотенциального источника, Вт,  $Q_T$  - тепловая мощность основного (топливного) источника теплоты, Вт,  $t_{II}$  - эксергетическая температурная функция в интервале

температур  $T_{II} - T_0$ ,  $t_T$  – то же в интервале температур  $T_T - T_0$ ,  $t_2$  – то же в интервале температур  $T_2 - T_0$ ,  $T_0$  – абсолютная температура окружающей среды, К,  $h_k$  – тепловой к.п.д. котла,  $h_{nom1}, h_{nom2}$  – к.п.д., учитывающие, соответственно, потери теплоты при передаче ее от котла к потребителю и от низкопотенциального источника к потребителю.

Для определения разницы в величине коэффициента эффективности использования первичной эксергии при подключении дополнительного низкопотенциального источника тепловой энергии получено следующее отношение:

$$dh_{\Sigma} / dh'_{\Sigma} = [1 + \Psi \cdot h_{nom2} / (h_k \cdot h_{nom1})] / (1 + \Psi \cdot t_2 / t_T), \quad (2)$$

где  $dh_{\Sigma}$  – для комбинированной схемы по формуле (1),  $dh'_{\Sigma}$  – для схемы без дополнительного источника.

Из (1) следует, что решающее влияние на величину потерь оказывают термодинамические потери, вызванные слабым использованием располагаемой разности температур  $T_T - T_0$ . Из свойств котла как теплообменника, на величину  $dh_{II}$  влияют только потери теплоты в котле. Так как тепловой к.п.д. современных котлов  $h_k$  близок к предельным значениям, совершенствование таких специфических теплообменников по этому параметру не приводит к уменьшению потерь эксергии, а только может уменьшить массу, габариты, капитальные затраты, изменить компоновку.

Выполнены, в качестве примера, расчеты по формулам (1) и (2) при следующих параметрах:  $T_T = 2500 \text{ K}$ ,  $T_2 = 473 \text{ K}$ ,  $h_k = 0,95$ ,  $h_{nom1} = h_{nom2} = 0,95$ ,  $T_{II} = 423 \text{ K}$ ,  $T_0 = 283 \text{ K}$ . Расчеты проведены для различных долей тепловой энергии от низкопотенциального источника  $\Psi = 0 \dots 1$ .

Результаты расчетов коэффициентов по (1) и (2) приведены на рис. 1.

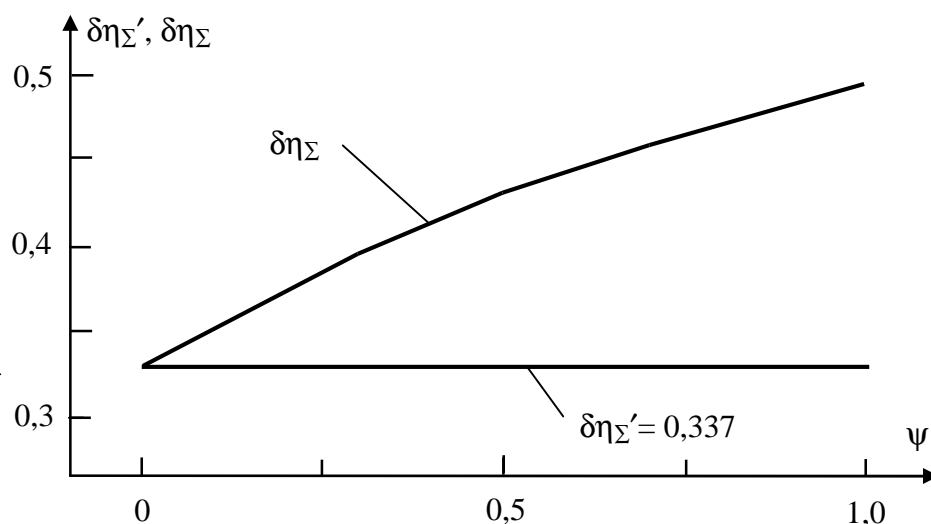


Рис. 1. Зависимость  $dh_{\Sigma}$ ,  $dh'_{\Sigma}$  от доли участия в системе теплоснабжения от котла дополнительного низкопотенциального источника эксергии.  $dh'_{\Sigma} = 0,337$  – коэффициент эффективности системы котел - потребитель без дополнительного источника

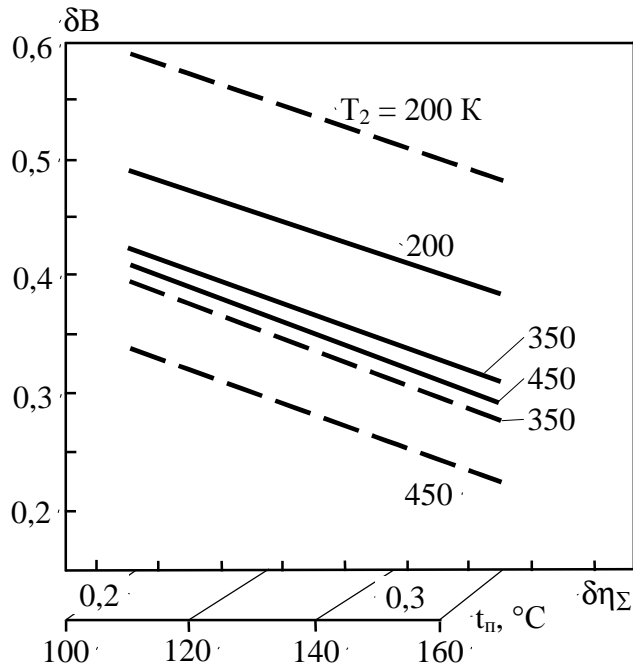


Рис. 2. Зависимость условной теоретической относительной величины экономии топлива по (3) от основных параметров схемы «котел-потребитель» с дополнительным низкопотенциальным источником при условиях  $T_o = 300$  К,  $T_T = 2500$  К,  $T_{ТЭС} = 800$  К

Необходимо, таким образом, отметить, что в системе «котел-потребитель» с дополнительным низкопотенциальным источником значительная часть тепловой эксергии топлива остается неиспользованной. В связи с этим, например, в региональном топливно-энергетическом комплексе возникает перерасход топлива, условная теоретическая относительная величина которого составляет

$$dB = [(1 - t_{ТЭС}) - y(1 - t_2) - dh_{\Sigma}(1 - t_T)], \quad (3)$$

где  $t_{ТЭС} = (1 - T_o / T_{ТЭС})$ ,  $T_{ТЭС}$  – абсолютная начальная температура рабочего вещества на реальной региональной ТЭС. Характер влияния различных параметров на  $dB$  показан на рис. 2.

Таким образом, на основании анализа по коэффициенту использования первичной эксергии можно сделать **вывод** о возможности повышения эффективности стандартной схемы теплоснабжения от котлов путем подключения дополнительного низкопотенциального источника тепловой энергии.

### Л и т е р а т у р а

1. Ильин Р.А., Ильин А.К. Использование возобновляемых источников энергии в схеме отопительного котла // Возобновляемые источники энергии. 4-росс. научн. молодежной школы. М.: МГУ, ГФ, 2003. С. 41-43.
2. Ильин Р.А. Анализ эффективности теплоэнергетических технологий. Астрахань: Лаборатория нетрадиционной энергетики ОЭП СНЦ РАН; ЮНЦ РАН, 2003. 88 с.
3. Николаев Ю.Е. Эффективность различных источников теплоснабжения для покрытия малых тепловых нагрузок // Проблемы повышения эффективности и надежности систем теплоэнергоснабжения. Самара: СГТУ, 1990. С. 35-38.
4. Покусаев М.Н., Ильин Р.А. Низкопотенциальные теплоэнергетические установки. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2003. 68 с.