

УДК 621

А. П. ГЛУХОВ, магистрант

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

E-mail: [artemiy.glukhov@mail.ru](mailto:artemiy.glukhov@mail.ru)

## ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗБЫТКА ВОЗДУХА НА ПОТЕРИ ТЕПЛА С УХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ

*Исследовано влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла с уходящими газами и КПД. Рассмотрен пример определения оптимального коэффициента избытка воздуха из практики РНИ, а также посчитан способ повышения КПД за счет уменьшения присосов воздуха в топку и газовый тракт котлоагрегата.*

**Ключевые слова:** коэффициент избытка воздуха, потери тепла с уходящими газами, присосы воздуха, КПД котлоагрегата, химический недожог.

*Досліджено вплив коефіцієнта надлишку повітря на втрати тепла з вирушаючими газами і ККД. Розглянуто приклад визначення оптимального коефіцієнта надлишку повітря з практики РНІ, а також порахований спосіб підвищення ККД за рахунок зменшення присосів повітря в топку і газовий тракт котлоагрегата.*

**Ключові слова:** коефіцієнт надлишку повітря, втрати тепла з вирушаючими газами, присоси повітря, ККД котлоагрегата, хімічне недопалювання.

### Постановка задачи

При режимно-наладочных испытаниях котлов важной задачей является настройка режима горения, так как от этого зависит КПД котлоагрегата, соответственно удельные расходы топлива и в конечном счете затраты на выработку тепла. В свою очередь настройка режима горения подразумевает подбор оптимального значения коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ).

Но как определить это значение?

Попробуем разобраться.

Как известно, КПД котла по обратному балансу равен:

$$\eta_{\text{об}} = 100 - q_2 - q_3 - q_5, \quad (1)$$

где:  $q_2$  – потери тепла с уходящими газами, %;

$q_3$  – потери тепла от химической неполноты сгорания газа, %;

$q_5$  – потери тепла в окружающую среду, %.

В данной формуле нас будет интересовать только  $q_2$  и  $q_3$ , так как  $\alpha$  не влияет на  $q_5$ .

При недостатке воздуха появляется химический недожог. Он объясняется появлением в продуктах сгорания угарного газа – СО, сажи, водорода –  $H_2$ , а в некоторых случаях и  $CH_4$ . При этом выделяется только часть теплоты сгорания. Поэтому и говорят о химическом недожоге.

При этом из опыта наладки потери тепла с уходящими газами –  $q_2$  будут падать, но тогда появятся потери  $q_3$  и согласно формуле (1) КПД будет резко падать. К тому же работа котла при химическом недожоге даже за небольшое время приведет к снижению теплосъема с трубного пучка котла, как следствие произойдет существенное снижение теплопроизводительности котла и его КПД.

При избытке воздуха топливо сгорает полностью, но часть теплоты расходуется на подогрев излишнего количества воздуха. Происходит снижение температуры уходящих газов и вследствие этого снижение теплопроизводительности котла и его КПД.

Получается, что при оптимальном значении  $\alpha$  КПД будет расти, вследствие уменьшения потерь  $q_2$ , и отсутствия потерь  $q_3$ .

На рис. 1 представлена зависимость потерь  $q_2$  и  $q_3$  от  $\alpha$  котла ДКВр-4-13 на газообразном топливе при проведении РНИ на нагрузке в 77 % от номинальной.

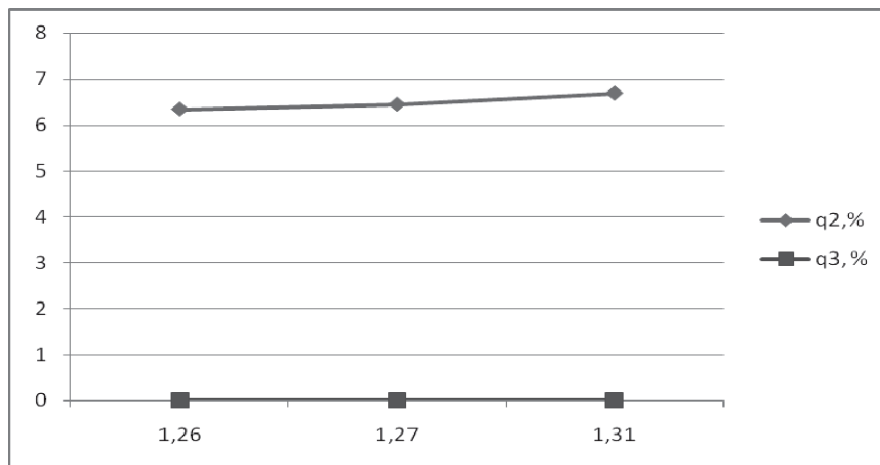


Рис. 1. Зависимость потерь  $q_2$  и  $q_3$  от  $\alpha$

Как видно из графика, с уменьшением  $\alpha$  заметно растут потери  $q_3$ , особенно при нижних пределах величин  $\alpha$ , но снижается  $q_2$ , и наоборот, с увеличением  $\alpha$  величина  $q_3$  уменьшается, но резко возрастают потери  $q_2$ .

Как видите, оптимальная величина будет соответствовать случаю, когда суммарные потери  $q_2+q_3$  будут минимальными. Но  $q_3$  настолько малы, что их в расчете не учитывают.

Таблица 1

Опытные данные

Номер опыта		1	2	3
Состав уходящих газов за котлом	O <sub>2</sub> , %	4,7	4,9	5,4
	CO, ppm	214	18	30
Состав уходящих газов за В.Э.	O <sub>2</sub> , %	4,8	5	5,5
	CO, ppm	202	40	57
Коэффициент избытка воздуха за котлом		1,26	1,27	1,31
Коэффициент избытка воздуха за В.Э.		1,27	1,28	1,32
Потери с уходящими газами, %		6,34	6,45	6,70

Для выбора оптимального значения коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ) нужно провести серию опытов на одной нагрузке в 77 % (так называемые прикидочные опыты). Серия опытов представлена на рис. 2 и в табл. 1. Лучше начинать с  $\alpha$  больше необходимого. Так как будет точно отсутствовать химическая недожог. При снижении давления воздуха на горелки постепенно снижаются  $\alpha$  и  $q_2$ . Работа котла становится более экономичной. При дальнейшем снижении давления воздуха в определенный момент появляется химический недожог (опыт 1). Если дальше снижать давление воздуха  $q_3$  растут очень быстро. Примерно точка начала роста CO будет точкой низа оптимальной зоны.

В свою очередь если повышать давление воздуха на горелки  $\alpha$  и  $q_2$  растут (опыт 3). Но падает КПД и работа котла неэкономичная. Если и дальше поднимать давление, то при очень

большом  $\alpha$  начнет появляться химический недожог, и КПД упадет еще ниже. Точка начала роста  $q_2$  будет точкой верха оптимальной зоны.

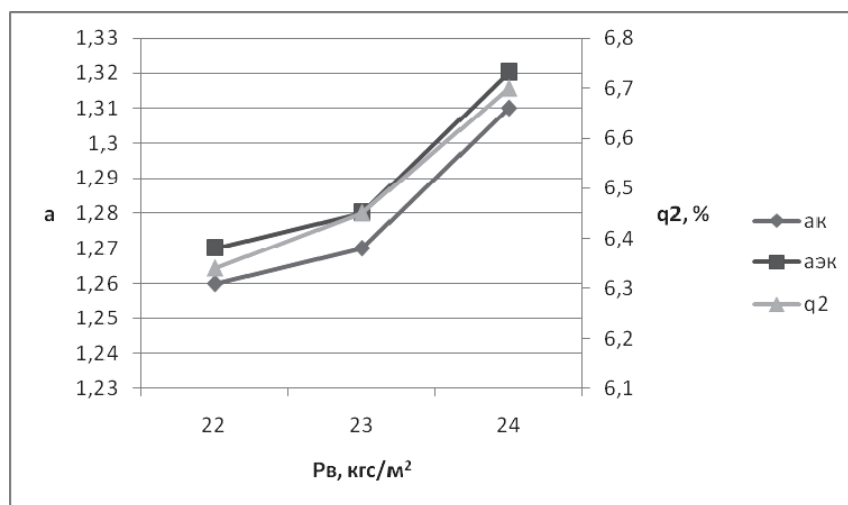


Рис. 2. Графики зависимостей  $\alpha_k$ ,  $\alpha_{эк}$ ,  $q_2$  от давления воздуха на горелку

Получается оптимальным будет опыт 2. Значения опыта 2 будут заноситься в балансовый опыт.

Настроив режим горения на оптимальное значение коэффициента избытка воздуха мы можем получить завышенные  $q_2$  и как следствие низкий КПД.

Что может быть причиной? Излишние присосы воздуха в топку и газоход котлоагрегата.

Избыточный воздух, поступающий в газовый тракт котлоагрегатов, вызывает увеличенные потери тепла с уходящими газами, увеличивается сопротивление тракта, вызывает перегрузку дымососов и вследствие всего этого происходит снижение теплопроизводительности котла и его КПД.

Контроль присосов воздуха необходимо осуществлять ежемесячно, в соответствии с «Правилами технической эксплуатации тепловых энергоустановок» (хотя, если честно, примеров ежемесячного контроля присосов воздуха на котлоагрегатах в своей практике пока не встречал). Присосы воздуха в топку котлоагрегата существенно влияют на тепловую работу котла.

Снижение температуры газов в результате излишнего поступления холодного воздуха уменьшает количество тепла, передаваемого излучением.

По экспертным оценкам и практических опытов, увеличение присосов воздуха в топку на 0,1 снижает количество тепла, передаваемого излучением, до 4-5 %. Уменьшение тепловосприятия радиационными поверхностями нагрева вызывает перегрузку последующих конвективных поверхностей, в связи с чем температура дымовых газов увеличивается.

К примеру, присос воздуха в топку  $\Delta \alpha = 0,1-0,2$  повышает температуру уходящих газов на 4–8 °С.

Присосы воздуха в газоходы котлоагрегата понижают температуру дымовых газов в зоне присосов и уменьшают количество тепла, переданного поверхностями нагрева, расположенным за местом присоса. В результате этого в последующих по ходу газов поверхностях нагрева увеличивается температура дымовых газов.

Используя частично таблицу 2 проведем небольшой расчет как уменьшая присосы воздуха в топку и по тракту котла можно уменьшить  $q_2$  и повысить КПД. Данные взяты из РНИ котла ДКВр-4-13 на нагрузке в 77 %.

Таблица 2

Данные для расчета снижения  $q_2$ 

	до уменьшения $\Delta\alpha$	после
Температура уходящих газов за В.Э., $^{\circ}\text{C}$	158,7	152
Коэффициент избытка воздуха за В.Э.	1,34	1,28
Потери с уходящими газами, %	7,02	6,41

Снижение потерь  $q_2$  определим по формуле:

$$\Delta q = \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1} \right) + \left( \frac{t_1 - t_2}{t_1} \right) \times q_2, \quad (2)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент избытка воздуха до уменьшения присосов;

$\alpha_2$  – коэффициент избытка воздуха после уменьшения присосов;

$t_1$  – температура уходящих газов за В.Э. до уменьшения присосов,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2$  – температура уходящих газов за В.Э. после уменьшения присосов,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$q_2$  – потери тепла с уходящими газами до уменьшения присосов, %.

$$\Delta q = \left( \frac{1,34 - 1,28}{1,34} \right) + \left( \frac{158,7 - 152}{158,7} \right) \times 7,02 = 0,61\%$$

В результате проделанной работы по устранению сверх нормативных присосов воздуха удалось увеличить КПД котлоагрегата на 0,61 %.

#### Вывод

Таким образом можно сделать вывод, что коэффициент избытка воздуха имеет очень большое влияние на работу котлоагрегата и на КПД.

#### Список литературы

1. В. И. Трёмбовля, Е. Д. Фигнер “Теплотехнические испытания котельных установок”. – М.: Энергия, 1977. – 296 с.
2. Н. Л. Стаскевич “Справочник по газоснабжению и использованию газа”. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.
3. В. И. Янкелевич “Наладка газомазутных промышленных котельных”. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 216 с.
4. Р. Б. Равич “Эффективность использования топлива”. – М.: Наука, 1977. – 344 с.

## INFLUENCE OF EXCESS AIR FACTOR ON WASTE HEAT LOSSES

A. D. GLUHOV, The master

*The paper presents a research into the influence of the excess air factor on waste heat losses and the efficiency factor. It considers case studies for determination of optimum excess air factor based on the RNI practice as well as gives a calculation of a method for improvement of efficiency due to reduction of air inleakage to the furnace and the gas duct of the boiler.*

**Key words:** *excess air factor, waste heat losses, air inleakage, boiler efficiency, incomplete combustion.*

Поступила в редакцию 26.06 2013 г.