

УДК 662.92

## ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Б.С. САЖИН, М.П. ТЮРИН, Л.М. КОЧЕТОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В настоящее время в целях обеспечения теплотой технологических процессов и систем отопления значительное число предприятий текстильной промышленности имеют собственные котельные, укомплектованные, как правило, котлами малой мощности с существенно различающимися расходными характеристиками, в соответствии с чем экономичность работы котельной зависит от распределения нагрузки между ними.

Экономичное распределение нагрузки между котлоагрегатами производится [1...3] следующими методами: поддержания наибольшего КПД котлоагрегатов с последовательной загрузкой наиболее экономичных из них до полной производительности; загрузки котлоагрегатов пропорционально их номинальной производительности и равенства относительных приростов расхода топлива.

Наиболее теоретически обоснован последний из перечисленных методов, одна-

ко при его реализации используются однофакторные математические модели расходных характеристик, полученные по результатам балансовых испытаний при оптимальных значениях коэффициента избытка воздуха:

$$V=f(Q) \quad (1)$$

или

$$V=f(D), \quad (2)$$

где  $V$  – расход топлива;  $Q$  – теплопроизводительность;  $D$  – паропроизводительность.

Вместе с тем экономичность работы котлоагрегатов в большей степени зависит именно от значения коэффициента избытка воздуха, которое в первом приближении

может быть оценено по содержанию свободного кислорода в дымовых газах на выходе из топочной камеры:

$$\alpha=21/(21-(O_2)), \quad (3)$$

где  $21$  – объемное содержание кислорода в атмосферном воздухе, %;  $O_2$  – объемное содержание кислорода в дымовых газах, %.

Таким образом, коэффициент избытка воздуха и объемное содержание кислорода в дымовых газах однозначно связаны между собой. Зависимость величины коэффициента избытка воздуха, которая является важнейшей характеристикой эффективности процесса сжигания топлива в топочной камере, от содержания кислорода в уходящих газах представлена на рис. 1.

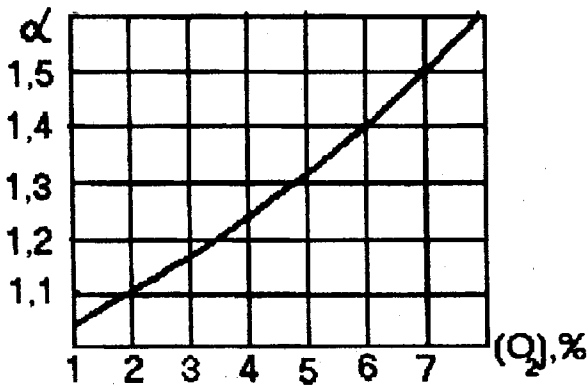


Рис. 1

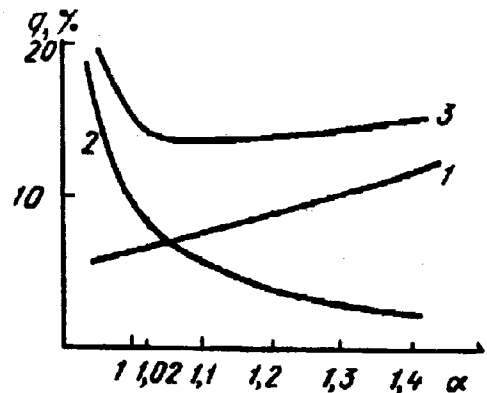


Рис. 2

На рис. 2, где кривая 1– $q_2$  – потери с уходящими газами; 2– $q_3$  – потери от химической неполноты сгорания топлива; 3– $q_2+q_3$ , приведена зависимость отдельных составляющих тепловых потерь в котлоагрегате от величины коэффициента избытка воздуха [1].

Область горения, в которой коэффициент избытка воздуха имеет значение, меньшее 1,02, характеризуется значительными потерями, обусловленными неполным сгоранием топлива, и, кроме того, повышенной степенью загрязнения окружающей среды. С другой стороны, в ре-

жимах, при которых коэффициент избытка воздуха превышает значение 1,10, происходит увеличение теплотерь с отработанными газами и снижение эффективности горения. Наличие избыточного кислорода ведет к увеличению количества оксидов азота и серы, что также нежелательно по условиям охраны окружающей среды.

В реальных условиях для котлоагрегатов, применяемых в отечественной промышленности, оптимальное значение коэффициента избытка воздуха несколько выше. Кроме того, величина оптимального значения коэффициента избытка воздуха

существенно зависит от величины нагрузки котлоагрегата и при малых нагрузках может достигать значений  $\alpha=1,4\dots 1,6$ .

Ведение режима горения при оптимальных значениях коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  на всех нагрузках возможно лишь при использовании цифровых систем управления процессом горения или аккумуляторов теплоты, выравнивающих график нагрузки котельной.

Сегодня в связи с существенными колебаниями нагрузки процесс горения ведется с максимальными значениями коэффициента избытка воздуха, что приводит к неоправданно большим потерям.

Для оптимального управления процессом горения необходимо иметь зависимость  $\alpha_{\text{опт}}=f(Q)$  или  $\alpha_{\text{опт}}=f(D)$ , полученную экспериментальным путем.

Наиболее удобно для этих целей использовать расходные характеристики, представленные с достаточной для практики точностью в виде двухфакторных математических моделей:

$$V = b_0 + b_1Q + b_2(O_2) + b_{11}Q^2 + b_{12}Q(O_2) + b_{22}(O_2)^2 \quad (4)$$

или

$$V = a_0 + a_1D + a_2(O_2) + a_{11}D^2 + a_{12}D(O_2) + a_{22}(O_2)^2, \quad (5)$$

где  $Q$  – тепловая нагрузка котлоагрегата, ГДж/ч;  $D$  – паропроизводительность, т/ч;  $(O_2)$  – содержание кислорода за топочной камерой, %.

В этом случае оптимальное значение коэффициента избытка воздуха в зависимости от нагрузки определяется по оптимальному содержанию кислорода в дымовых газах, однозначно связанных между собой:

$$\frac{dV}{d(O_2)} = a_2 + a_{12}D + 2a_{22}(O_2) = 0, \quad (6)$$

$$(O_2) = -\frac{-a_2 + a_{12}D}{2a_{22}}. \quad (7)$$

По значениям  $V, D, (O_2)$ , полученным в результате балансовых испытаний двух котлоагрегатов ДКВР-6,5/13, проведенных на Московском производственном кожевенном объединении, рассчитаны коэффициенты расходных характеристик (РХ) котлоагрегатов, значения которых приведены в табл. 1. При этом для первого котлоагрегата максимальное значение содержания кислорода в уходящих газах оказалось равным 8%, что соответствует значению коэффициента избытка воздуха, равному 1,61. Для второго котлоагрегата максимальное значение содержания кислорода в уходящих газах и соответствующее ему значение коэффициента воздуха соответственно составили 7% и 1,5.

Таблица 1

Котлоагрегат	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{22}$
№ 1	97,2	118,6	-20,5	0,915	2,45	1,12
№ 2	65,0	101,2	-9,21	7,64	2,35	0,718

Для обоих котлоагрегатов получены РХ для оптимальных и максимальных значений содержания кислорода в дымовых газах за котлоагрегатами:

$$I. V_{\text{опт}} = 3,4 + 141,1D - 0,425D^2, \quad (8)$$

$$V_{\alpha=1,61} = 4,9 + 138,2D + 0,915D^2, \quad (9)$$

$$\Delta V = V_{\alpha=1,61} - V_{\text{опт}} = 1,5 - 2,9D + 1,34D^2; \quad (10)$$

$$\text{II. } V_{\text{опт}} = 36,5 + 116,3D + 5,72D^2, \quad (11)$$

$$V_{\alpha=1,5} = 36,7 + 117,7D + 7,64D^2, \quad (12)$$

$$\Delta V = V_{\alpha=1,5} - V_{\text{опт}} = 0,2 + 1,4D + 1,92D^2. \quad (13)$$

С целью оценки величины перерасхода топлива и резервов экономии топливно-энергетических ресурсов рассчитаны удельные расходы топлива при максимальных и оптимальных значениях коэффициента избытка воздуха для различных нагрузок котлоагрегатов. Расчеты показали, что при управлении процессом горения при максимальном коэффициенте избытка воздуха перерасход топлива при нагрузках, близких к номинальным или максимальным, может достигать 5...10%, что говорит о существенной неэффективности применяемых в настоящее время систем управления режимами горения и о значительных резервах экономии топлива в промышленных котельных.

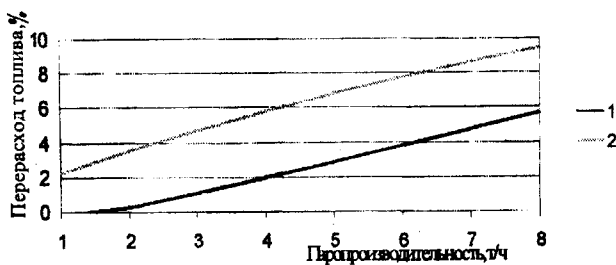


Рис. 3

На рис. 3 изображены графические зависимости перерасхода топлива для первого и второго котлоагрегатов в зависимости от паропроизводительности.

Как видно из рис. 3, при ведении режима горения при максимальных значениях коэффициента избытка воздуха перерасходы топлива при наивысших нагрузках достигают соответственно для обоих котлоагрегатов 6 и 9%.

Наблюдается также и различие в эффективности работы этих котлоагрегатов, что объясняется различием их расходных характеристик и различной зависимостью оптимальных значений коэффициентов избытка воздуха от нагрузки. Как показало обследование котельных ряда текстильных предприятий, значения коэффициентов полезного действия даже для конструктивно одинаковых котлоагрегатов в зависимости от степени износа поверхностей нагрева, эксплуатационных режимов, наличия хвостовых поверхностей нагрева и т.д. могут колебаться от 75 до 90%.

## ВЫВОДЫ

Ввиду того, что в настоящее время процесс горения в топках котлоагрегатов текстильных предприятий ведется при максимальных значениях коэффициента избытка воздуха (1,4...1,6), характерных для низких нагрузок, наблюдается значительный перерасход топлива.

Управлять режимом горения при оптимальных значениях коэффициента избытка воздуха можно либо при замене аналоговых средств управления на цифровые, либо при поддержании постоянной нагрузки котлоагрегатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волковыский Е.Г., Шустер А. Г. Экономия топлива в котельных установках. — М.: Энергия, 1973.
2. Экономия топливно-энергетических ресурсов на предприятиях текстильной промышленности / Охотин А.С., Григорьев А.К., Каленков А.Б., Рагозин О.М., Тюрин М.П. — М.: Легпромбытиздат, 1990.
3. Тюрин М.П. Оптимальное распределение нагрузки между параллельно работающими энергоустановками // Труды 2-го международного симпозиума «Интеллектуальные системы». — Санкт-Петербург, 1996.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 01.09.01.