

## Лимитирование объемной нагрузки камеры сгорания по нормам выбросов оксидов азота

Ярмольчик Ю. П., Ярмольчик М. А.

Белорусский национальный технический университет

Объемная нагрузка камеры сгорания  $n_V$  рассчитывается как отношение мощности горелки  $N_b$  (МВт) к рабочему объему топки  $V_{br}$  ( $\text{м}^3$ ). Рабочий объем рассчитывается: для реверсивных двухходовых котлов – по диаметру топки, для проходных топок трехходовых котлов – по среднему диаметру гофрированной жаровой трубы:

$$n_V = \frac{N_b}{V_{br}}$$

Так как усредненный свободный пробег молекул дымовых газов в высокотемпературной зоне зависит от объема «свободной» зоны, т. е. пространства между организованным горелкой факелом и внутренними стенками камеры сгорания, то и вероятность соударений свободных молекул азота и кислорода будет зависеть от этого значения. Если подобные соударения происходят в зоне высоких температур  $\sim 1850^\circ\text{C}$ , то вероятность образования монооксида азота по тепловому механизму Зельдовича значительно увеличивается. Несомненно, однозначные зависимости конечных значений концентрации  $\text{NO}_x$  от объемной нагрузки камеры сгорания без учета конструкции горелки рассчитать невозможно, однако, качественные предельные значения можно определить.

В результате проведенных замеров концентрации  $\text{NO}_x$  в уходящих газах при содержании  $\text{O}_2$  в выбросах  $\sim 3\%$ . при сжигании природного газа в котлах разных производителей с близкой номинальной тепловой нагрузкой (максимальной мощностью горелки) 0,7–0,9 МВт с различными значениями объемной нагрузки были определены следующие эмпирические значения: при  $n_V = 0,8\text{--}0,9 \text{ МВт/м}^3$  для трехходовых котлов концентрация  $\text{NO}_x$  фактически равнялась концентрации, заявленной производителями горелок эмиссионным классом: 1-й –  $\leq 170 \text{ мг/кВт.ч}$ ; 2-й –  $\leq 120 \text{ мг/кВт.ч}$ ; 3-й –  $\leq 80 \text{ мг/кВт.ч}$ . Для реверсивных двухходовых котлов значения были несколько выше – на 5–8%, но для горелок стандартного исполнения (2-го эмиссионного класса) вполне соответствовали нормированным значениям по ЭкоНиП–2017. При увеличении объемной нагрузки – уже при значении  $n_V = 1,2\text{--}1,5 \text{ МВт/м}^3$  для трехходовых котлов и  $n_V = 1,0\text{--}1,2 \text{ МВт/м}^3$  – для двухходовых, – концентрация  $\text{NO}_x$  превышало норму и, следовательно, для таких котлов уже требуется установка горелочных устройств 3-го эмиссионного класса – типа Low- $\text{NO}_x$ .