

Двухступенчатое сжигание жидкого топлива

Карницкий Н.Б., Жихар И.Г.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы проблема защиты окружающей среды привлекает внимание всей мировой общественности. Бурный научно-технический прогресс сопровождается быстрой перестройкой экономики и использованием топлива в больших масштабах. При сжигании топлива в атмосферу выбрасываются такие вредные вещества как пыль, оксиды серы и азота, продукты недожога (сажа, СО, канцерогенные вещества).

Топливо является основой многих видов энергии. Масштабы его потребления растут из года в год. В связи с увеличением количества сжигаемого топлива неизбежно растет количество токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу вместе с продуктами сгорания.

Поэтому одной из важнейших задач эксплуатации энергетического оборудования является разработка и широкое использование эффективных методов снижения образования вредных веществ и определение оптимальных режимов сжигания топлива, обеспечивающих минимальный уровень выброса токсичных продуктов сгорания.

Двухступенчатое сжигание топлива является эффективным методом снижения выбросов оксидов азота. При двухступенчатом сжигании одна зона выгорания топлива заменяется несколькими по возможности обособленными. Суть двухступенчатого сжигания заключается в том, что процесс горения ведется с недостатком кислорода в первичной высокотемпературной зоне и заканчивается при более низкой температуре в зоне с избытком воздуха.

Исследование двухступенчатого сжигания жидкого топлива проводилось на газомазутном котле ГМ-50-14, где были установлены горелки для двухступенчатого сжигания мазута и газа. Испытания проводились при работе котла на мазуте. Во время испытаний котла сжигался мазут со следующими характеристиками:

$$S^p=1,8 \%; \quad W^p=5,8 \%; \quad Q_n^p=38,33 \text{ МДж/кг.}$$

Исследования показали, что с увеличением нагрузки концентрация оксидов азота в продуктах сгорания возрастает. При максимальной нагрузке котла концентрация оксидов азота в газах за пароперегревателем при работе котла с горелками для двухступенчатого сжигания топлива в два раза ниже, чем при работе котла с заводскими горелками.

При исследовании динамика образования оксидов азота вдоль факела котла установлено, что интенсивное образование оксидов азота происходит не после завершения реакций горения, а сразу после окончания первой стадии горения, где почти полностью расходуются исходные углеводороды и образуются максимальные концентрации промежуточных продуктов горения.

Исследовано изменение концентрации сажистых частиц вдоль факела котла. Анализ полученных данных показывает, что максимальная концентрация сажистых частиц тем выше, чем выше относительная концентрация топлива и имеет место при $\frac{L}{D_a} \approx 3$. При дальнейшем увеличении $\frac{L}{D_a}$ концентрация сажистых частиц в факеле резко снижается.

Расчетное исследование изменения степени выгорания топлива вдоль оси факела котла ГМ-50-14 при двухступенчатом сжигании мазута показывает, что при одной и той же нагрузке котла с увеличением доли первичного воздуха и общего коэффициента избытка воздуха процесс выгорания топлива заканчивается при меньших значениях $\frac{L}{D_a}$.

Исследована динамика образования серного ангидрида вдоль факела котла ГМ-50-14 при двухступенчатом сжигании мазута. Из полученных данных следует, что максимальная концентрация серного ангидрида наблюдается при $\frac{L}{D_a} \approx 8$, т.е. при относительно высоких температурах. Так как в области высоких температур серный ангидрид образуется при участии атомарного кислорода, то экспериментальные данные показывают на наличие в начальной зоне значительных концентраций атомарного кислорода, образовавшегося как в результате термической дис-

социации молекулярного кислорода, так и в результате промежуточных реакций горения. Следовательно, количество атомарного кислорода, находящегося в зоне горения, определяет концентрацию серного ангидрида. Поэтому при одних и тех же изменениях концентрации реагентов во времени и температуре большему количеству атмосферного кислорода будет соответствовать большая концентрация серного ангидрида.

Испытания показали, что котел работает устойчиво при отсутствии химнедожога в широком диапазоне нагрузок. КПД котла с горелками для двухступенчатого сжигания топлива повысился на 1,7 % за счет снижения коэффициента избытка воздуха и температуры уходящих газов.

Выводы

1. Установка на котле ГМ-50-14 горелочных устройств для двухступенчатого сжигания топлива привела к снижению выхода оксидов азота в два раза.

2. Исследована динамика образования оксидов азота вдоль факела котла. Показано, что интенсивное образование оксидов азота происходит не после завершения реакций горения, а сразу после окончания первой стадии горения.

3. Показано, что максимальная концентрация сажистых частиц в факеле имеет место при $\frac{L}{D_a} \approx 3$. При дальнейшем увеличении этой величины концентрация сажистых частиц в факеле резко снижается.

4. Выявлено, что максимальная концентрация серного ангидрида в факеле наблюдается при $\frac{L}{D_a} \approx 8$. При дальнейшем увеличении этой величины концентрация серного ангидрида резко снижается.

5. Исследования показали, что котел ГМ-50-14 с горелочными устройствами для двухступенчатого сжигания топлива работает устойчиво при отсутствии химического недожога в широком диапазоне нагрузок.