

УДК 662.613.5:661.98

## СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПУТЕМ ВПРЫСКА ВЛАГИ В ЗОНУ ГОРЕНИЯ

Зозуля С.Ю.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Жихар Г.И.

В работах отечественных и зарубежных исследователей, посвященных разработке различных методов снижения образования оксидов азота при сжигании газообразных и жидких топлив, установлено, что ввод влаги в виде пара или воды в топочную камеру наиболее радикальное и простое средство достижения данной цели. Анализ и обобщение проведенных работ в этой области позволили сделать два основных вывода: методы ввода влаги в камеру могут отличаться друг от друга конструктивным исполнением, агрегатным состоянием влаги, методом ее распыливания и смешения с топливом или горючей смесью; эффект снижения выхода оксидов азота для разных методов ввода влаги различен.

Опыты производились на котлах разных типов паропроизводительностью 250–1000 т/ч при сжигании различных газообразных и жидких топлив. Как показали эксперименты на котле ТГМ-94, наиболее эффективен в отношении снижения концентрации оксидов азота впрыск влаги в зону максимального тепловыделения в количестве до 7–10 % массы топлива ( $g = 0,07–0,10$ ). Дальнейшее увеличение  $g$  сравнительно мало влияет на  $C_{NOx}$ . Впрыск того же количества влаги за пределами зоны максимального тепловыделения оказывается менее эффективным.

Ввод рециркулируемых газов на котле ПК-10, ТГМ-94, ТГМП-114 и ТГМП-314 не оказывает существенного влияния на эффективность впрыска влаги при сжигании газа и мазута, но требует для достижения того же эффекта либо угрубления дисперсности распыленной воды, либо увеличения относительной высоты водяных аппаратов.

На котлах с различными компоновками горелок разных конструкций получены результаты по эффективности впрыска. Установлено, что впрыск 10 % влаги, как правило, приводит к снижению концентрации оксидов азота на 25–30 % при полной нагрузке, а на каждый процент снижения нагрузки эффект уменьшается приблизительно на один процент. При сжигании газа и мазута получены близкие эффекты по снижению  $C_{NOx}$ .

Концентрация сажи и бенз(а)пирена уменьшаются при вводе влаги в топку во всех случаях. Наибольший эффект достигнут на котле ТГМ-94 при сжигании мазута в режиме  $D/D_n = 0,65$ ,  $\alpha_r = 1,12$ ,  $r = 0,14$ , где подача воды ( $g = 0,08$ ) привела к снижению бенз(а)пирена с 56 до 4 мкг/100 м<sup>3</sup>. На котлах ПК-10, ТГМ-94 и БКЗ-320-140 ГМ проведены исследования влияния впрыска воды на  $SO_3$  при сжигании мазутов с различным серосодержанием. Исследования показали, что впрыск влаги не приводит к существенному изменению  $SO_3$ , при этом низкотемпературная коррозия практически не изменяется. Длительный опыт эксплуатации на сернистом мазуте котлов ПК-41-1, ПК-10, ПК-47, ТГМП-114, ТГМП-314, ТГМ-94 с впрыском влаги в топку показали, что при прочих условиях срок службы холодных поверхностей воздухоподогревателей этих котлов не изменился.

Очень важным является вопрос о влиянии впрыска воды на экономичность котла. В тех случаях, когда влага впрыскивается в топку с отлаженным режимом горения, влияние на КПД однозначно определяется дополнительной потерей теплоты на испарение впрыскиваемой воды (около 0,06 % на 0,1 водотопливного отношения), причем влияние влаги на температуру перегретого пара или температуру уходящих газов в диапазоне  $g = 0–0,1$  ни на одном из испытанных котлов не замечено. Таким образом, впрыск влаги при  $g = 0,1$  приводит к снижению КПД приблизительно на 0,6 %.

Другие способы сокращения выбросов оксидов азота также вызывают снижение экономичности котлов. Сопоставление влияния впрыска воды в топку и наиболее распространенного способа подавления  $NO_x$  вводом в топку рециркулирующих газов на экономичность котла ТП-47 с подовой компоновкой трех горелок при сжигании сернистого мазута показал, что ввод 16 % рециркуляции в горелку вызывает суммарное снижение КПД «нетто» (из-за  $q_2$ ,  $q_3$  и расхода электроэнергии на собственные нужды приблизительно на 0,9 % против 0,7 при  $g=0,11-0,12$ ). При этом в обоих случаях снижение  $C_{NO_x}$  составляет 35–40 %. В других случаях получены аналогичные результаты.

В целом можно считать, что впрыск влаги как способ снижения  $C_{NO_x}$  на технико-экономические показатели не уступает рециркуляции газов. Поэтому выбор того или иного способа подавления  $C_{NO_x}$  в каждом конкретном случае должен определяться не только экологическими и технико-экономическими соображениями, но и технологическими возможностями котла. Например, в тех случаях, когда необходимо повышение температуры первичного или вторичного перегрева пара, предпочтение следует отдать рециркуляции газов. В других случаях, когда повышение тепловосприятости пароперегревателя недопустимо, может быть использован впрыск воды как единственный способ сокращения выбросов  $C_{NO_x}$ , не вызывающий заметного перераспределения тепловосприятости между отдельными поверхностями нагрева.

#### Литература

1. Окислы азота в продуктах сгорания топлив. Сборник научных трудов / Киев: Наукова думка, 1981. – 203 с.
2. Термокаталитическая очистка и снижение токсичных выбросов в атмосферу. Сборник научных трудов / Киев: Наукова думка, 1989. – 172 с.