

К.Т. Баубеков, С.С. Беркетов

УДК 621.181:661.98

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Х.А. Алимов

Ташкентский государственный технический университет

им. Абу Райхана Беруни, г. Ташкент

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В ТОПКАХ КОТЛОВ

Аталган мақалада автор қазандарды жағу кезінде азот шығындарының қалыптасуын төмендету өзектілігі мәселесі қарастырады.

In the present article the authors examine the issues of the urgency of the decreasing the carbon dioxide determination in the fire chambers.

Известно, что токсичность оксидов азота обычно на (40-60) % определяет токсичность продуктов сгорания угля и мазута и на (92-98) % природного газа, чем и объясняется усиленное к нему внимание теплоэнергетиков. Недавно в Казахстане приняты значения предельно допустимых концентраций (ПДК), являющиеся основным критерием санитарно-гигиенической оценки качества воздуха, для диоксида азота NO_2 [1]. Однако соблюдение ПДК еще не исключает вредного воздействия оксидов азота на природу. Это связано с тем, что проблема кислотных дождей существует независимо от соблюдения норм ПДВ по оксидам азота и сернистому ангидриду и связана с массой выбрасываемых в атмосферу NOx и SO_2 , которые к тому же переносятся на большие расстояния.

На сегодняшний день устаревший парк котлов малой мощности требует полной замены, так как анализ состояния использования газа и техническая диагностика паровых и водогрейных котлов Узбекистана (теплопроизводительностью до 1,0 Гкал/ час) показали низкую эффективность и невысокую надежность работы этих котлов [2]. Основной причиной всех негативных процессов в них, а именно: образования NOx в продуктах сгорания, коррозии металла, накипобразования экранных поверхностей нагрева (труб), их разрыв, увеличение габаритных размеров и металлосемкости является неравномерное распределение локальных тепловых потоков по экраным поверхностям нагрева топочного пространства из-за неравномерности полей температур факела и топочных газов в топочном объеме. Вопросы повышения равномерности распределения локальных тепловых потоков и интенсификации суммарных теплообменных процессов практически не изучены, следовательно, в современных тепловых расчетах паровых и водогрейных котлов не учитываются и для вновь создаваемых котлов эти проблемы даже не ставятся.

Кроме того, малые котлы физически и морально устарели. Фактический к.п.д. вышеуказанных малых котлов не превышает 65-70 %, работа при номинальных нагрузках вызывает

сильные гидравлические удары, засорение внутренних экранных поверхностей накипью, а наружных - сажистыми частицами и т.д. Конструктивными их недостатками являются большие габаритные размеры и металлосъемкость. Несомненно, исследование и попытки оптимизации конструкций устаревшего парка малых котлов нецелесообразны. В связи с этим, в Казахстане востребованы новые типы малых котлов, отвечающие всем современным экологическим, надежностным и технико-экономическим показателям работы котла.

Существующие паровые и водогрейные котлы - сложные технические объекты, в которых одновременно протекают различные физико-химические процессы и исторически сложившиеся классические конфигурации топок, виды компоновок котлов, формы конвективных газоходов являются позитивной реализацией замыслов не одного поколения ученых и конструкторов. Кроме того, эти конфигурации, компоновки и формы котлов позволяют комплексно решать проблемы, связанные с технологией изготовления поверхностей нагрева котла, их транспортировки, монтажа, удобства эксплуатации и обслуживания, ремонтпригодности и т.д. Поэтому для большинства специалистов не представляется возможным реализация новых более совершенных конструкции котлов как в техническом, так и, в финансовом плане. При этом зачастую при анализе внедряемых на больших котлах мероприятий создается впечатление, что они в основном борются со следствиями, а не причинами образования токсичных оксидов азота.

Пути управления процессом подавления образования NO_x должны быть направлены непосредственно на обнаружение локальных высокотемпературных зон и состоять в эффективном воздействии на них технологическими методами или конструктивно должны обеспечиваться высокая равномерность смешения компонентов и равномерное распределение температуры газов в факеле.

При сжигании газообразных и жидких топлив в топочных устройствах паровых котлов подавляющую долю выбросов оксидов азота составляют термические NO . Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям основных закономерностей образования термических оксидов азота [3, 4, 5, 6] их выход пропорционален температуре и времени пребывания в зоне горения, а также теплonaпряжению в зоне горения. Наибольшая скорость образования оксидов азота наблюдается при $T=T_{max}$. Как показали результаты вычислительного эксперимента (проведенного в МЭИ) выход NO при $T > 1800 K$ и до $T=T_{max}$ составляет в зависимости от условий теплообмена всего 35-70 % общего количества термических NO , причем эта доля снижается с уменьшением T_{max} и ростом темпа нагрева $j_{нагр}$ и охлаждения $j_{охл}$ газов [5, 7]. Таким образом, эмиссия термических NO во всех случаях полностью определяется уровнем T_{max} , коэффициентом избытка воздуха α и временем пребывания t_{1800} в зоне высоких температур (более 1800 K). Темпы теплообмена влияют на конечный выход NO лишь косвенно, определяя конкретное значение времени пребывания t_{1800} .

В МЭИ и ВГПИ «Теплоэлектропроект» [8, 9] были разработаны типовые рекомендации по внедрению природоохранных мероприятий и оценке ожидаемого уровня снижения выбросов NO_x при их внедрении. Пренебрегая долей топливных (при сжигании мазута) и быстрых NO при традиционных способах сжигания топлив авторы разрабатывают свои рекомендации по снижению термических NO_x с учетом размеров (или условным временем пребывания - t_a) и теплonaпряжению q_{lg} зоны активного горения (ЗАГ) топлива в топке котла. В [9] сделана попытка определения критериев для такого выбора технологических мероприятий по подавлению эмиссии NO_x с учетом конструктивных и

режимных параметров с целью получения максимального эффекта, а также предлагается блок-схема алгоритма поиска оптимального решения, приведены кривые зависимостей с помощью которых можно грубо оценить возможность достижения ПДВ в результате снижения характеристики q_{lg} или t_a или обеих одновременно.

Однако необходимо отметить, что такой грубый в первом приближении подход, который не полностью учитывает сложность процессов, может дать рекомендации требующие уточнения.

Это значит, что подавление термических NO будет лимитироваться только существующими характеристиками ЗАГ и вполне возможно, что на некоторых существующих котлах не будет достигнут уровень ПДК даже при внедрении нескольких мероприятий. А раз так, то необходимо глубже разобраться с понятием ЗАГ и выявить его связь с основными характеристиками факельного горения в топке, системно проанализировать распределение мощности и плотностей интегральных потоков излучений факела по высоте и периметру стен топки и выявить несоответствующие для снижения оксидов азота причины для дальнейшей разработки необходимых путей изменения в конструкции котла. Кроме того, в предложениях МЭИ намечен односторонний подход с точки зрения условия достижения уровня ПДВ без учета быстрых NO , а рекомендуемые мероприятия не обоснованы с позиции сохранения уровня другой группы вредных веществ (сажи, бенз(а)пирена и других канцерогенов), зависимости образования которых от коэффициента избытка воздуха и других режимных параметров носят противоположно направленный характер. Здесь же и в других многочисленных работах [9-13] указывается об еще одной нерешенной проблеме, а именно, об опасности сероводородной коррозии экранных труб НРЧ при двухступенчатом сжигании сернистых топлив в котлах СКД.

На основе экспериментальных данных, полученных ранее в САФВНИИПромгаз разработаны теоретические предпосылки к конструированию топочно-горелочных устройств с низким уровнем выбросов токсичных веществ: NO_x , ПАУ и сажи [14]. Полученные рекомендации позволяют управлять выходом «термических» и «быстрых» оксидов азота, а также, канцерогенных веществ в процессе горения.

В [15, 16] создана математическая модель инженерного расчета вертикальной топки переменного сечения, обеспечивающая равномерное распределение тепловой нагрузки по высоте топки, которая сохраняя связь между тепловыделением и теплообменом в отдельных зонах топочной камеры позволяет создавать конструкции низкотоксичных котлов со ступенчатой или наклонной топочной камерой;

В [15, 16, 17, 18] разработана концепция на основе которых возможно будут созданы образцы новых перспективных конструкции котлов (предпатенты РК № 15204; 20046; 18091; 19867; 19621; 20834; 21061).

ЛИТЕРАТУРА

1. Требования к эмиссиям в окружающую среду при сжигании различных видов топлива в котлах тепловых электрических станций. Постановление Правительства Республики Казахстан от 14 декабря 2007 года № 1232.
2. Баубеков К.Т., Айтмагамбетова Г.А., Жангазы А.К. / Поиск рациональных схем конструкций малогабаритных, высокоэффективных водогрейных и паровых котлов теплопроизводительностью до 1,16 МВт // Материалы научной конференции молодых ученых, студентов и школьников. «VIII Сатпаевские чтения» (в 20 томах) серия «Молодые ученые». Том 20. Павлодар, 2008. -С. 231-234.

3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Изд. перер. и доп. – Л.: Недра. - 1988. – 311 с.
4. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
5. Росляков В.П. Разработка теоретических основ образования оксидов азота при сжигании органических топлив и путей снижения их выхода в котлах и энергетических установках. Дисс. на соиск. ученой степени доктора техн. наук. -М.: МЭИ. - 1993. – 476 с.
6. Ахмедов Р. Б., Цирульников Л. М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. - Л.: Недра, 1984. - 238 с.
7. Росляков П.В., Зинкина В.Н. / Влияние условий теплообмена в топочных камерах на образование термических оксидов азота // Теплоэнергетика, 1991, № 12. - С. 60-62.
8. Егорова Л.Е. Разработка методов расчета образования оксидов азота и серы в паровых и водогрейных котлах: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. -Москва, 1995. - 195 с.
9. Росляков П.В., Двойнишников В.А., Зелинский А.Э., Тимофеева С.А., Бурков В.Ю., Наздрюхина Г.В. / Разработка рекомендаций по снижению выбросов оксидов азота для газомазутных котлов ТЭС // Электрические станции, 1991, № 9. С. 9-17.
10. Енякин Ю.П. Разработка и совершенствование методов сжигания сернистых жидких и газообразных топлив в энергетических котлах: Автореферат дис. докт. техн. наук. М., 1988.
11. Енякин Ю.П., Котлер В.Р., Бабий В.И., Штальман С.Г., Щербаченко С.И. / Работы ВТИ по снижению выбросов оксидов азота технологическими методами // Теплоэнергетика. - 1991.- № 6.- С. 33-38.
12. Енякин Ю.П., Котлер В.Р. Технологические методы сокращения выбросов оксидов азота // Теплоэнергетика, 1994, № 6.-С. 17-20.
13. Тишин А.П., Горюнов И.Т., Гуськов Ю.Л., Баршак Д.А., Преснов Г.В., Турченко В.И., Коржук С.С. / Совершенствование рабочих процессов в топках котлов ТЭЦ-21 на основе применения современных средств численного моделирования термогазодинамических процессов // Электрические станции, 2003, № 10.-С. 7-12.
14. Баубеков К.Т. Оптимизация конструкций и технологических процессов газомазутных котлов для ступенчатого сжигания топлива // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: сборник трудов X Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2009. – С. 113-119.
15. Баубеков К.Т. Разработка конструкции котлов с выравниванием неравномерности распределения локальных тепловых потоков по поверхностям нагрева // Вестник ПГУ, серия «Энергетическая». - № 3. – 2007. - С. 9-20.
16. Баубеков К.Т. Моделирование конструкции котла с целью выравнивания тепловых потоков по ширине и высоте топки и в конвективном газоходе // Вестник ПГУ, серия «Энергетическая». - № 3. – 2007. - С. 21-34.
17. Баубеков К.Т. Способ сжигания топлива и котел для его осуществления. Предварительный патент РК № 21062, 15.04.2009, бюл. № 4 (по заявке № 2006/1349.1 от 01.12.06).
18. Баубеков К.Т. О некоторых аспектах расчета теплообмена для совершенствования конструкции котлов при ступенчатом сжигании топлива. // Вестник ПГУ, серия «Энергетическая». – 2008. - № 4.-С. 109-131.