

**Очікувані результати виконання програми.
Економічні, соціальні, екологічні наслідки.
Ефективність програми, основні ризики**

Реалізація програми дозволить:

1. Скоротити споживання природного газу до 15 % (в період 2009-2010 р.р.)
2. Створити в регіонах системи децентралізованого теплоелектропостачання з відповідними інфраструктурами, характерними для використання альтернативних джерел енергії (міжгалузеві виробництва, нові робочі місця і професії, та ін.).
3. Посилити самозабезпеченість регіонів в енергоресурсах і тим самим посилити енергетичну безпеку регіонів і країни в цілому.
4. Зменшити техногенний вплив на довкілля і поліпшити економічну ситуацію в регіонах (при використанні відновлюваних джерел енергії).

Основні ризики при виконанні програми – можливе більш тривале продовження фінансово-економічної кризи.

Фінансові, матеріально-технічні і трудові ресурси, що необхідні для виконання програми

Фінансування програми здійснюється за рахунок:

- бюджетного фінансування;
- місцевих коштів;
- інноваційно-пільгового кредитування.

Матеріально-технічні ресурси, трудові ресурси можуть бути оцінені як задовільні для виконання програми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Розпорядження КМ України від 15.03.2006, №145. – 129 с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 07.05.2008 р. №465.
3. *Маркин В.В.* Оптимизация топливно-энергетического баланса за счет альтернативных источников энергии//Энергосбережение, №2, 2009. – С. 52-57.

УДК 662.995:662.61

Кобзарь С.Г., Халатов А.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА
УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ УГЛЯ В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ**

Енергетика України являється базовою отраслю економіки государства, главная задача которой состоит в централизованном обеспечении потребностей промышленности и населения страны электрической и тепловой энергией. Основой электроэнергетики в перспективе, как и сейчас, остаются тепловые электростанции (ТЭС), на которых размещено свыше 55 % установленного генерирующего оборудования. Функциональная значимость ТЭС высока, поскольку они являются основными источниками резервирования мощности, покрытия изменяемой части графиков электроснабжения, регулирования частоты и напряжения в энергосистеме Украины. Оборудование предприятий теплоэнергетики, спроектированное по нормам 50-х годов, было введено в эксплуатацию в 60-70 годах прошлого столетия уже морально и физически устарело. Назревает необходимость в коренной

реконструкции действующих энергоблоков работающих на угле. Важно при модернизации наряду с повышением тепловой эффективности, снизить вредное влияние блоков на окружающую среду. Одними из вредных веществ, содержащихся в дымовых газах, являются оксиды азота.

Для минимизации выбросов оксидов азота целесообразно применять так называемые первичные методы, направленные на совершенствование процесса сжигания топлива с целью снижения образования оксидов азота в топке. Данная задача может быть решена при организации стадийной подачи топлива. Идея этого метода состоит в разделении расхода топлива на две части, а расхода окислителя – не менее чем на две части. На предварительном этапе сжигания происходит сжигание основной массы топлива с выделением около 80 % энергии. Коэффициент избытка воздуха в первичной зоне горения поддерживают

на уровне 1,05...1,2. Оксиды азота в первичной зоне образуются в количестве, которое зависит от условий горения и содержания азота в топливе. На второй стадии в зону дожигания подается только топливо в количестве, необходимом для формирования зоны восстановления с коэффициентом избытка воздуха 0,7...0,9. Количество топлива на дожигание составляет около 20 % от общей мощности котлоагрегата. При сжигании пылеугольного топлива можно достигнуть до 50 % снижения выбросов оксидов азота. Для эффективной работы данного метода снижения оксидов азота, необходимо применять высокорекреакционное топливо, которое идет на дожигание. Хорошие результаты достигнуты при использовании в качестве такого топлива природного газа или мазута. Одним из способов замены дорогих импортных энергоресурсов является использование тонкодисперсного угольного порошка, который по данным работы [1] обладает реакционными способностями характерными для мазута.

Исследование процессов горения ультрадисперсных частиц угля проводилось при помощи пакета прикладных программ Phoenics 2008. В качестве объекта исследования была взята вихревая циклонная камера [2], которая имеет четыре тангенциальных подвода для пылеугольной смеси. Предполагалось, что концентрация пылеугольной смеси одинакова на каждом входе, а коэффициент избытка воздуха равен 1,2. Температура аэросмеси принималась равной 300 °С.

В исследовании использовалась модель горения угля, описанная в работе [3]. На стенках камеры были заданы адиабатные граничные условия. Для замыкания дифференциальных уравнений движения использовалась RNG k-ε модель турбулентности, которая дает лучшие результаты при расчете вихревых и закрученных потоков [4]. Задача решалась в цилиндрических полярных координатах, размер сетки составлял 50x50x34 (XxYxZ).

На первом этапе было проведено моделирование процесса горения угольных частиц обычного угля диаметром 20 и 10 мкм. Согласно данным работы [5], уголь ультрадисперсного помола приобретает особые свойства при его сжигании непосредственно сразу после измельчения, а именно: его реакционные свойства становятся близкими к мазуту. При высокоскоростной термохимической подготовке угля тонкого помола процесс горения происходит в основном в кинетической области, а константы скорости реакций возрастают вдвое [5]. Эти особенности были

учтены при моделировании горения угля с размером частиц 10 мкм. Модель горения [3] была модифицирована, а именно процесс горения коксового остатка был представлен исключительно кинетическим механизмом, а скорость термохимической деструкции угля увеличена вдвое.

Результаты расчетов показали, что в циклонной камере наблюдается сложная вихревая структура течения с образованием зоны разряжения на оси камеры.

Выбранная модель циклонной камеры оказалась в целом короткой для сжигания угля, о чем свидетельствуют результаты по полям температуры и концентрации оксида углерода. В случае сжигания частичек угля диаметром 20 мкм наблюдается вытеснение угля к стенкам камеры, где проходит его термохимическая деструкция. Вариант 1 характеризуется наименьшим значением температуры и наибольшим значением выноса коксового остатка (табл. 1).

Табл. 1. Интегральные результаты расчетов на выходе из циклонной камеры

Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
d, мкм	20	10	10 (ультра)
CO, г/нм ³	73,9	118	93
NOx, мг/нм ³	0,0765	1,93	11,2
Унос коксового остатка, %	1,26	0,0158	0,0112
Унос горючей массы угля, %	0,24	0,168	0,0254

Анализ результатов гидродинамики показал, что гидродинамика в циклонной камере сильно зависит от распределения температуры (рис.1). Так для варианта 1 распределение температуры без существенного градиента приводит к увеличению скорости около стенок камеры вследствие действия центробежных сил. Влияние твердой фазы на профиль скорости наблюдается приблизительно на одной трети высоты камеры, когда под действием силы тяжести частички угля отходят от стенок камеры и начинают двигаться в направлении оси камеры.

В случае сжигания угольных частиц меньшего диаметра, около торцевой стенки наблюдаются существенные радиальные торцевые эффекты [6], которые усложняют задание удержания частиц. Под действием радиального перетока в пограничном слое около торцевой по-

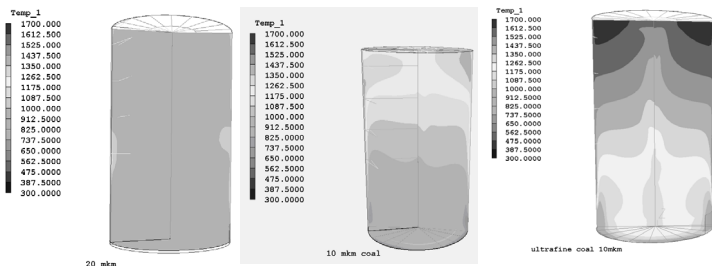


Рис.1. Поле температуры газовой фазы:
а) – вариант 1; б) – вариант 2;
в) – вариант 3.

верхности, масса угля распределяется по объему камеры, что приводит к перемешиванию угля с окислителем и улучшению процесса горения. Этот факт подтверждается сравнением распределения температуры (рис.1). В случае сжигания угля ультрадисперсного помола в околоторцевую осевую зону затягиваются холодные массы воздуха с входа. В этой зоне профиль температуры принимает вид тора.

Следует отметить, что термохимическая деструкция частиц диаметром 10 мкм обычного угля в основном завершается на трех четвертях высоты камеры. В случае горения угля ультрадисперсного помола термохимическая деструкция, благодаря повышенным реакционным свойствам угля, происходит в первой четверти камеры. Это заключение справедливо также и для горения коксового остатка. Горение в газообразной фазе идет интенсивно на оси камеры и в верхней четверти в районе диафрагмы, о чем свидетельствуют распределение концентрации оксида углерода и температуры (рис.1, в). Концентрация оксидов азота повторяет распределение температуры. Зона максимальной генерации оксидов азота находится около диафрагмы. В этой зоне поток под воздействием диафрагмы имеет сложный рециркулирующий характер, что обеспечивает в этой зоне большое время пребывания потока. Этим можно объяснить минимальную концентрацию оксида углерода и повышенную генерацию оксидов азота в этой зоне.

Выводы

Анализ результатов расчетов показал, что уголь ультрадисперсного помола в сравнении с обычным углем, дает лучшие эксплуатационные и экологические результаты, а именно:

- Процесс горения требует меньшего объема;
- Обеспечивает качественное сжигание.

Для обеспечения качественного сжигания угля необходимо применять циклонные камеры с отношением длинна/диаметр больше 2. Также можно рекомендовать стадийную подачу воздуха, для улучшения условий дожигания продуктов неполного горения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурдуков А.П., Попов В.И., Фалеев В.А., Федосенко В.Д., Чернова Г.В., Чурашев В.Н.* Исследование технологии сжигания углей ультратонкого помола и технико-экономическая эффективность их применения в теплоэнергетике // *Горение и плазмохимия.* –2006. – Т.4, № 4. – С.288–299.
2. *Устименко Б.П.* Процессы турбулентного переноса во вращающихся течениях. – Алма-Ата: Наука, Каз.ССР. – 1977. – 228 с.
3. *Халатов А.А., Кобзар С.Г., Головатюк П.М., Березницкий О.О.* Застосування методів комп'ютерного моделювання при розробці заходів з реконструкції енергоблоків теплоелектростанцій//*Енергетика та електрифікація.* – 2008. – №6. – С.48 - 55.
4. *Кобзарь С.Г., Халатов А.А.* Апробация упрощенной модели расчета горения и формирования оксидов азота при сжигании жидкого топлива //Пром. теплотехника. –2003. – т.25, №4. – С.391-392.
5. *Burdukov, A. P.* Prospects for Use of Micronized Coal In Power Industry//*Thermal Science.* – 2002. – Vol. 6, No. 1. – P. 29–42
6. *Кутателадзе С.С., Волчков Э.П., Терехов В.И.* Аэродинамика и тепломассообмен в ограниченных вихревых потоках. – Новосибирск. – 1987. – 282с.