

Рис. 4. Геометрия и расчетная сетка топочной камеры котла БКЗ-320(270)-140 Красноярской ТЭЦ-1 с четырехвихревой организацией сжигания пылеугольного топлива

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, мероприятие 1.4, соглашение № 14.В37.21.2071).

Список литературы:

1. Barrett R., Berry M., Chan T. Templates for the Solution of Linear Systems: Building Blocks for Iterative Methods. // SIAM. – 1994. – P. 141.
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 124 с.
3. Быстров Ю.А., Исаев С.А., Кудрявцев Н.А., Леонтьев А.И. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб. – СПб.: Судостроение, 2005. – 392 с.
4. Crow C.T., Sharma M.P., Stock D.E. The Particle-Source-In Cell (PSI-CELL) Model for gas droplet flows. // Journal of Fluids Engineering. – 1977. – Vol. 99. – P. 325–332.

УДК 621.181:519.876

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЖИГАНИЯ
ПАВЛОВСКОГО УГЛЯ В ТОПКЕ КОТЛА БКЗ-210-140
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ**

Гиль А.В., к.т.н., Буслов Д.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: AndGil@tpu.ru

Паровые котельные агрегаты БКЗ-210-140 различных модификаций имеют широкое распространение по регионам Сибири, Дальнего Востока и Приморского Края. К примеру, Владивостокская ТЭЦ-2 укомплек-

тована 14 котлами БКЗ-210-140. Котельный агрегат, вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, с твердым шлакоудалением. Топочная камера объемом 1093 м³ оборудована четырьмя тангенциально установленными прямоточными горелками и четырьмя мельницами-вентиляторами. Номинальная паропроизводительность 210 т/ч; давление перегретого пара 14 МПа; температура перегретого пара 570 °С; расчетный КПД (брутто) 90,3 %.

Котельный агрегат выпускается с 1959 г. и в настоящее время повсеместно наблюдается снижение эксплуатационных характеристик в особенности при пониженных эксплуатационных режимах в следствие снижения качества проектных углей или использования замещающих твердых топлив.

Котлы Владивостокской ТЭЦ-2 запроектированы на сжигание чихезского бурого угля с характеристиками рабочей массы: влажность $W_i^r = 41\%$; зольность $A^r = 8,9\%$; низшая теплота сгорания $Q_i^r = 12260$ кДж/кг. В настоящее время в котлах, не переоборудованных на сжигание природного газа в качестве базового топлива используются угли Павловского месторождения с влажностью $W_i^r = 41,5\%$, зольностью $A^r = 19,6\%$ и низшей теплотой сгорания $Q_i^r = 91300$ кДж/кг [1].

Снижение качественных характеристик сжигаемого топлива приводит к увеличению нагрузки на систему топливоприготовления, снижению стабильности процесса горения и в целом негативно отражается на эффективности работы энергетического оборудования.

Поскольку котельный агрегат оборудован системой пылеприготовления с прямым вдуванием, то увеличение нагрузки на мельницы приводит к перераспределению топливно-воздушного потока по горелочным устройствам, что в последствие отражается на формировании тангенциально закрученного факела в топке котла. Смещение факела или низко интенсивное формирование вихря приводит к шлакованию экранных поверхностей нагрева и к неполноте выгорания топлива, что приводит к снижению надежности и эффективности работы котельного агрегата, особенно при пониженных нагрузках.

В настоящее время развитие моделей описания турбулентного движения многокомпонентной неизотермической газовой среды при наличии полидисперсной пыли, радиационного переноса, химического реагирования газов, процессов сушки и пиролиза угольной пыли, горения достигло того уровня, когда стало возможным построение физико-математических моделей процессов, происходящих в топочной камере, с достаточной для инженерной практики точностью воспроизводящей

работу реального оборудования. Развитие вычислительной техники позволило реализовать эти модели в виде программных комплексов для доступных персональных ЭВМ.

В данной работе использован Эйлерово-Лагранжев способ описания аэротермохимических процессов в газодисперсных средах на базе пакета прикладных программ FIRE 3D [2]. Турбулентные характеристики газа рассчитываются с использованием двухпараметрической « $k-\epsilon$ » модели турбулентности, также учитывающей влияние движущихся частиц. Радиационный теплообмен в двухфазном потоке представляется в рамках P1 приближения метода сферических гармоник, который показывает хорошие результаты применения к пылеугольным топкам.

Задание граничных условий для систем уравнений определяется типом границы. Для входных границ используются известные однородные распределения для всех характеристик. На выходных границах ставятся мягкие граничные условия, причем положение выходных границ в этом случае должно быть достаточно удалено от зон возможной рециркуляции потока. Если течение является симметричным относительно некоторой плоскости, то эта плоскость симметрии выбирается в качестве границы, и на ней задаются условия симметрии (равенство потоков через эту границу и производных по нормали к ней). В качестве граничных условий на стенках топочного объема используются условия прилипания для скорости, граничные условия первого рода для температуры газа, равенство нулю производной по нормали концентраций компонент газа.

На рисунке 1 представлены результаты численного моделирования средних температур в горизонтальных сечениях и концентрации кислорода при трех нагрузках 100, 70 и 50 % от паропроизводительности котла. Также необходимо отметить, что при нагрузке в 70 % одnogорелочное устройство отключается, а при 50 % нагрузке в работе остаются две горелки.

Профили кривых во всех трех случаях имеют схожий вид. Сравнивая результаты численного моделирования можно отметить, что более равномерное распределение температур по объему топочной камеры имеет место при работе котла на 100 % и 50 % нагрузках, так как движение потока имеет симметричный характер относительно экранов. Значение температур на высоте 7 м имеют минимальные значения во всех случаях вследствие сжигания топлива в прямоточных горелках и сушкой топлива газами рециркуляции. Температуры на выходе из топочной камеры при 100 % – 970 °С, при 70 % – 940 °С, а при 50 % – 850 °С.

Концентрация кислорода во всех вариантах исследования имеет близкие значения, а профиль кривой соответствует процессу горения в

камерной топке (см. рис. 1). На выходе из топочной камеры значение концентрации составляет 3–4 %.

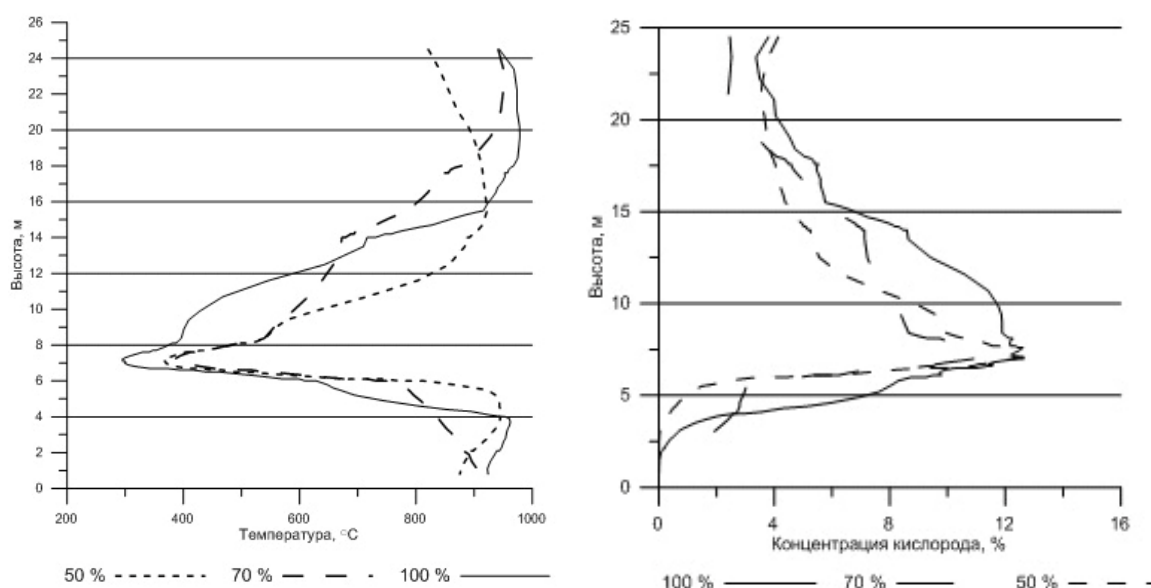


Рис. 1. Изменение средних температур и концентрации кислорода по высоте топочной камеры

Концентрация летучих невелика при всех режимах работы и в среднем составляет 1 % (см. рис. 2). Изменение концентрации СО соответствует изменению температурного уровня в топочной камере и на выходе из нее составляет минимальное значение.

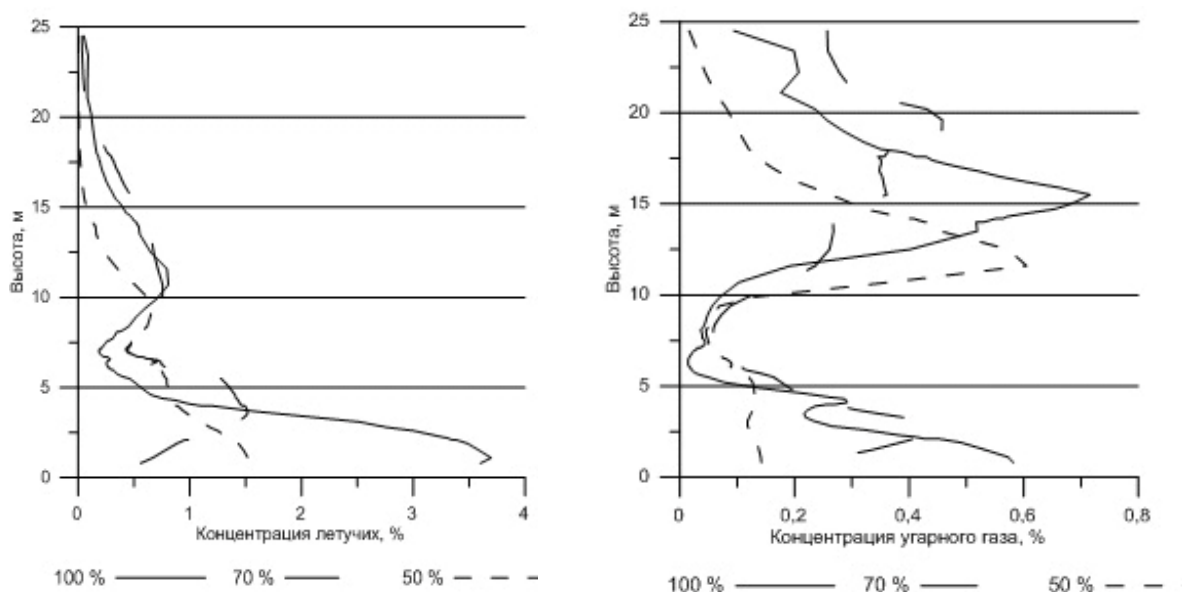


Рис. 2. Изменение концентрации летучих и СО по высоте топочной камеры

На основании выполненных исследований можно сделать следующее заключение. Наиболее устойчиво процесс горения протекает при работе котла на 100 % нагрузке, так как при данном режиме обеспечивается наиболее тщательное перемешивание топлива с воздухом, аэродинамическая структура более равномерна по всему топочному объему. При работе котла на 70 % нагрузке наблюдается асимметрия факела относительно вертикальной оси топки, что создает благоприятные условия для шлакования поверхностей нагрева, расположенных в топочной камере. В наибольшей степени этому подвержены фронтальный экран и боковые поверхности нагрева. При работе котла на 50 % нагрузке наблюдается затягивание процесса выгорания пылеугольного топлива, что негативно отразится на бесшлаковочной работе пароперегревателя котла.

Список литературы:

1. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
2. Гиль А.В., Старченко А.В. Математическое моделирование физико-химических процессов сжигания углей в камерных топках котельных агрегатов на основе пакета прикладных программ FIRE 3D // Теплофизика и аэромеханика. – 2012 – №. 5 – С. 655–671.

УДК 665.775:66.011

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМА
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ**

Ермолаев Д.В., к.т.н.

Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН, г. Казань
E-mail: energoed@mail.ru

Природные битумы являются ценным химическим и энергетическим сырьем, для переработки которого применяют термические и термохимические методы. Для производства энергии битумы могут быть газифицированы. Газификация представляет собой процесс получения генераторного газа из углеводородного сырья в присутствии окислителя, при этом получаемое газообразное топливо может служить альтернативой природному газу в парогазовых установках и паровых котлах. Для моделирования процесса газификации и последующего проектирования технологических схем одним из важнейших моментов является определение теплофизических свойств битума, поскольку его структура весьма сложна и неоднородна, и существенно меняется с увеличением температуры.

В работе рассмотрены теплоемкость, теплопроводность, плотность и вязкость, которые зависят от температуры и состава битума и имеют определяющее значение для проведения процесса газификации.