

2. Svoboda K., Pohořelý M., Jeremiáš M., Kameníková P., Hartman M., Skoblja S., Šyc M. Fluidized bed gasification of coal–oil and coal–water–oil slurries by oxygen–steam and oxygen–CO<sub>2</sub> mixtures // Fuel Processing Technology. – 2012. – V. 95. – P. 16–26.
3. Осинцев К.В. Исследование факельного сжигания водоугольных суспензий в топках энергетических котлов // Теплоэнергетика. – 2012. – № 6. – С. 21–27.
4. Бородуля В.А., Бучилко Э.К., Виноградов Л.М. Некоторые особенности сжигания в кипящем слое водоугольного топлива из белорусских бурых углей // Теплоэнергетика. – 2014. – № 7. – С. 36–41.
5. Вершинина К.Ю., Глушков Д.О., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Отличия характеристик зажигания водоугольных суспензий и композиционного жидкого топлива // Химия твердого топлива. – 2016. – № 2. – С. 21–33.

Научный руководитель: П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., профессор каф. АТП ЭНИН ТПУ.

## **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТОПОЧНОЙ СРЕДЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ И ИХ СМЕСИ**

О.М. Кокшарев

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ПГС и ПГУ, группа 5ВМ5А

В настоящее время в сфере развития энергетики все большее предпочтение отдается установкам с минимальным влиянием на окружающую среду, поскольку повышаются тарифы за выбросы вредных веществ и вводятся законодательные процедуры по закрытию энергетического предприятия вследствие невозможности обеспечения регламентированного объема выбросов.

Актуальность данной работы обусловлена, как увеличением экологических параметров ТЭЦ, так и повышением надежности работы котельных агрегатов при переходе на смесь каменных топлив. В частности, рассматривается возможность замещения экибастузского каменного угля, кузнецким марки Т и/или их смесью [1, 2]. Поскольку в районах сжигания экибастузского угля на электростанциях Урала (Рефтинская, Троицкая, Нижнетуринская, Верхнетагильская, Серовская, Курганская, Красногорская), Западной Сибири (Омская ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5), Центрального района Европейской части (Черепетская ГРЭС) только ежегодный прирост золоотвалов и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от сжигания в этих районах экибастузских углей превышает 10 млн т.

Таким образом объектом исследования является котел БКЗ-420-140 запроектированный на сжигание высокозольных экибастузских углей по Т-образной компоновке с пережимом в верхней части топки. Характеристики исследуемых топлив представлены в таблице 1 [3]. При этом для смеси углей

принято следующее процентное соотношение: 70 % – уголь Экибастузского бассейна, 30% – уголь Кузнецкого бассейна.

Табл. 1. Основные характеристики исследуемых углей

| Характеристики топлив                | Экибастузский<br>1СС | Кузнецкий<br>Д | Смесь Экиба-<br>стузского и Куз-<br>нецкого Д |
|--------------------------------------|----------------------|----------------|---|
| Влажность, %                         | 6,5                  | 11,5           | 7,97  |
| Зольность, %                         | 36,9                 | 15,9           | 30,0  |
| Содержание серы, %                   | 0,7                  | 0,4            | 0,43  |
| Содержание углерода,<br>%            | 44,8                 | 56,4           | 48,28   |
| Содержание водорода,<br>%            | 3,0                  | 4,0            | 3,3   |
| Содержание азота, %                  | 0,8                  | 1,9            | 1,13  |
| Содержание кислорода,<br>%           | 7,3                  | 9,9            | 8,08  |
| Низшая теплота сгора-<br>ния, МДж/кг | 17,38                | 21,9           | 18,736  |
| Выход летучих, %                     | 25                   | 40,5           | 29,65   |

Исследование топочных процессов проведено с использованием пакета прикладных программ FIRE 3D [4, 5]. В данном программном продукте теплообмен и горение в газовой фазе представляются на основе Эйлера способа описания, т.е. используются стационарные пространственные уравнения баланса массы, импульса, концентраций газовых компонентов и энергии для газовой смеси. Для описания движения и теплообмена одиночных частиц топлива и золы вдоль их траекторий с учетом обратного влияния дисперсной фазы на несущую среду применяется Лагранжев подход. Турбулентные характеристики газа рассчитываются с использованием двухпараметрической «k-ε» модели турбулентности, также учитывающей влияние движущихся частиц. Радиационный теплообмен в двухфазном потоке представляется в рамках P1 приближения метода сферических гармоник.

На рисунке 1 представлены результаты численного моделирования температурного уровня в объеме топочной камеры при организации сжигания проектного (экибастузского угля), непроектного (кузнецкого угля) и их смеси.

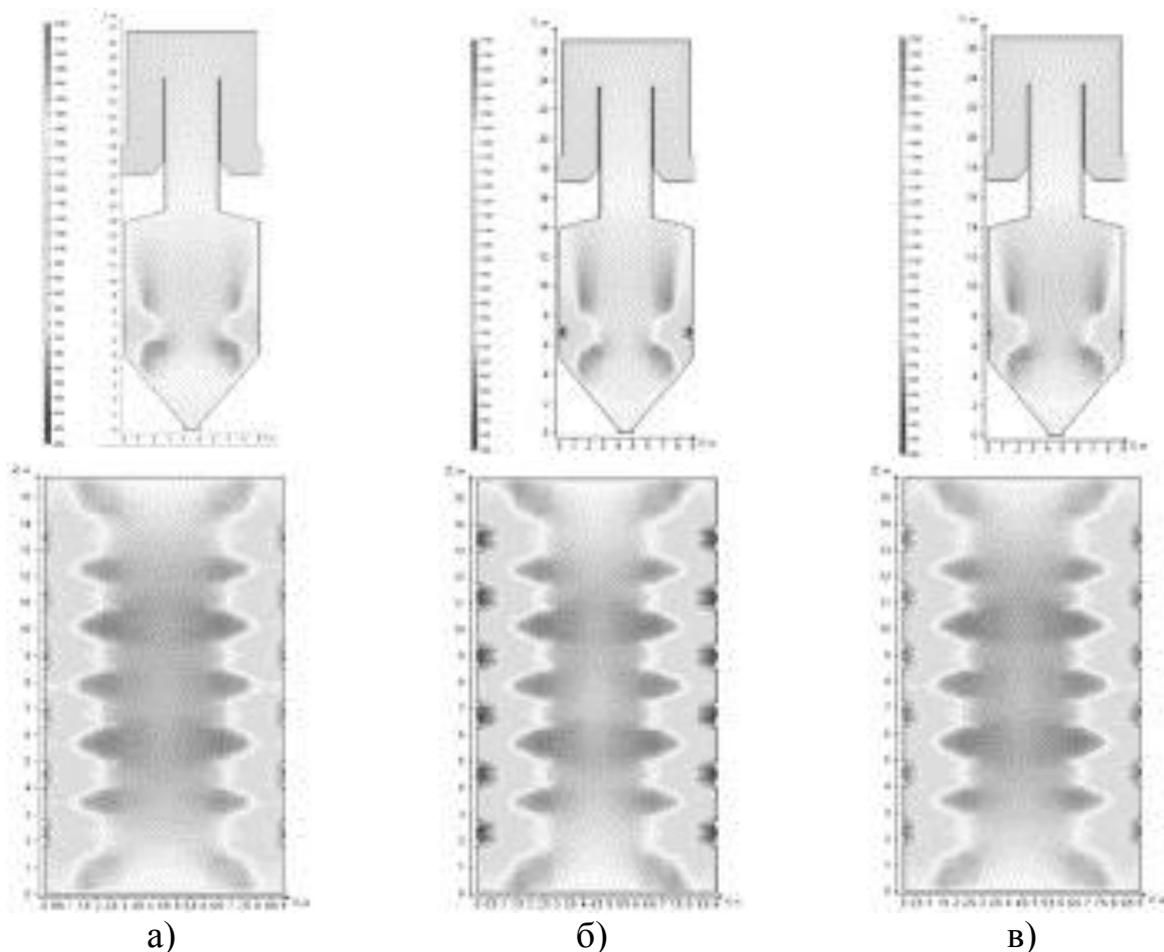


Рис. 1. Температурные поля при сжигании исследуемых топлив: а) экибастузский уголь; б) кузнецкий уголь в) смесь кузнецкого и экибастузского угля

Во всех вариантных исследованиях на уровне горелочных устройств наблюдается отчетливое ядро горения с температурными полями 1600–1950 К (рис. 1). Уровень расположения ядра горения соответствует организации сжигания с использованием вихревых горелок. На уровне пережима топочной камеры температура дымовых газов в среднем составляет 1450 К и к выходу из топки снижается до 1300-1350 К. Наибольшие изменения по температурному уровню в топочной камере наблюдаются при организации сжигания кузнецкого угля марки Д. Так в области фронтальной и тыльной стен присутствует непосредственный контакт высокотемпературного ядра горения с испарительными экранами и наброс факела на поверхности образующие пережим, что может свидетельствовать о нарушении циркуляции в отдельных контурах и пережога труб формирующих пережим (рис. 1, б).

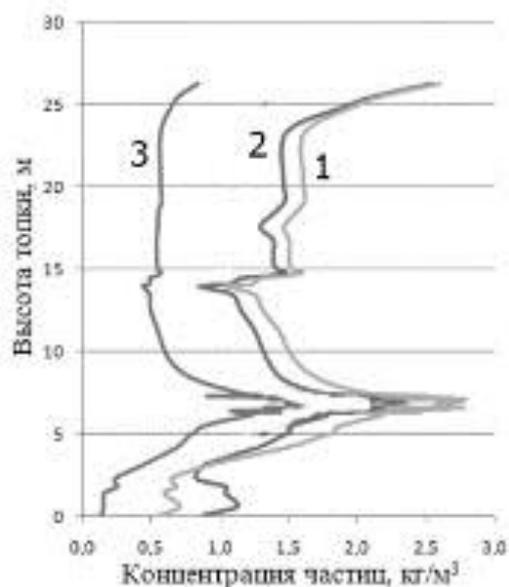


Рис. 2. Изменение концентрации частиц ( $\text{кг/м}^3 \cdot 10^{-2}$ ) по высоте топочной камеры при сжигании различных топлив: 1 – экибастузский уголь; 2 – кузнецкий уголь; 3 – смесь кузнецкого и экибастузского угля

Согласно полученным результатам моделирования концентрации твердых частиц по высоте топочной камеры (рис. 2), можно наблюдать максимальные значения при сжигании экибастузского угля (рис. 2, кривая 1)  $250 \text{ г/м}^3$ , а минимальные значения при сжигании кузнецкого угля марки Д (рис. 2, кривая 3)  $50 \text{ г/м}^3$ . При этом при сжигании смеси углей концентрация твердых частиц на выходе из топки аналогична концентрации при сжигании высокозольного твердого топлива. Следовательно, необходимо провести варианты исследования организации сжигания смеси топлив при более высокой доле кузнецкого угля.

На основании проведенного численного исследования можно констатировать, что возможна организация сжигания кузнецкого угля при оптимизации параметра крутки и его смеси с экибастузским с увеличением доли кузнецкого угля в смеси. В особенности наиболее проблемным является организация кузнецкого угля вследствие существенного увеличения значения температуры продуктов сгорания на выходе из топки и в ядре горения. При организации сжигания смеси в процентном содержании 70/30 температурный уровень выше чем при сжигании проектного топлива, но при этом относительно равномерен по объему топочной камеры и в среднем отличается на  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , но при этом качественного снижения концентрации золовых частиц не наблюдается.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гиль А.В., Обухов С.В., Старченко А.В., Заворин А.С. Численное исследование влияния параметра крутки горелочных устройств на термодинамические процессы в топке котла БКЗ-420-140 // Известия Томского политехнического университета, 2013. – т. 323. – № 4.
2. Гиль А.В., Заворин А.С., Обухов С.В., Старченко А.В. Численный анализ сжигания пылеугольного топлива с различными теплотехнически-

- ми свойствами в камерной топке котла БКЗ-420-140-2 // Электрические станции. – 2010. – № 11 с. 2–9.
3. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
  4. 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. – том 19, № 5.
  5. Гиль А.В. Предпроектный численный анализ перевода пылеугольных котлов на непроектное топливо // Теплофизические основы энергетических технологий : Материалы региональной научно-практической конференции - Томск: Изд. ТПУ, 2009, с. 133-138.

Научный руководитель: А.В. Гиль, к.т.н., доцент каф. ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НИЖНЕГО ДУТЬЯ НА ПРОЦЕССЫ В НТВ ТОПКЕ**

<sup>1</sup>А.А. Худеев, <sup>2</sup>Е.В. Шутова, <sup>3</sup>К.Ю. Орлова  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ПГС и ПГУ, группы <sup>1</sup>5ВМ5А, <sup>2</sup>5В41, <sup>3</sup>А5-43

Низкотемпературное вихревое сжигание является современной эффективной технологией использования твердых органических топлив. Такой способ сжигания и топочное устройство для его осуществления разработаны выдающимся советским ученым-теплоэнергетиком Виктором Владимировичем Померанцевым.

В основе технологии лежит принцип организации низкотемпературного вихревого (НТВ) сжигания твердого топлива угрубленного помола в условиях многократной циркуляции частиц в камерной топке.

В НТВ-топке две зоны горения. Вихревая зона занимает объём нижней части топки от устья топочной камеры до горелок. Прямоточная зона горения располагается над вихревой зоной в верхней части топки.