

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА БЛОКА 500 МВт ПРИ СЖИГАНИИ НАЗАРОВСКОГО УГЛЯ**

<sup>1</sup>Гергелизхиу П.С., <sup>2</sup>Щербаклова К.Ю.,  
Научный руководитель: <sup>3</sup>Лебедев Б.В., к.т.н., доцент  
1, 3-Томский политехнический университет  
2-ООО «Инженерный центр «Теплоуниверсал»  
Email: offix@bk.ru

**NUMERICAL SIMULATION OF AEROTHERMAL PROCESSES IN 500 MW BLOCK BOILER FURNACE WITH NAZAROVSKIY COAL AS A PRIMARY FUEL**

<sup>1</sup>Gergelizhiu P. S., <sup>2</sup>Shcherbakova K. Y.  
Scientific Supervisor : <sup>3</sup>Lebedev B. V., PhD  
1-3 Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Leninn Avenue, 30, 634050  
2 Engineering Center «Teplouniversal» LLC, Tomsk, Lenin Avenue, 30a, 364050  
E-mail : offix @bk.ru

**Abstract.** *Low-temperature vortex combustion technology was researched. FIRE-3D software package was used for combustion simulation in P-49 boiler of Nazarovo power plant with excess air ratio  $\alpha=1,072$  and fuel rate  $B_p=39,444$  kg/s. Aerodynamics, oxygen concentration and temperature fields were calculated and represented in graphical form. Obtained results show necessity of follow up research of combustion technology.*

Низкотемпературное вихревое сжигание (НТВ-сжигание) обладает рядом преимуществ перед обычными технологиями сжигания твердого топлива, однако является все еще малоизученной технологией. НТВ технология обладает следующими преимуществами: стабилизация воспламенения и горения, повышения коэффициента тепловой эффективности, снижение шлакования и загрязнения рабочих поверхностей нагрева, снижение выбросов оксидов азота и серы.

На сегодняшний день исследования в сфере повышения эффективности такого энергетического оборудования как энергетических котлов, парогенераторов, турбин и т.д. приобрели большую значимость в виду стремления к экономичности и эффективности работы оборудования. Исследование технологии НТВ-сжигания не исключение.

Основной целью данной работы является: исследование аэродинамики и тепломассообмена в НТВ-топке. За основу для настоящего исследования взят котел П-49 с НТВ-топкой Назаровской ГРЭС. В качестве топлива используется бурый уголь Назаровского месторождения.

Основными задачами являются создание математической модели исследуемого котла, адаптация исходных данных и анализ влияния исходных параметров на процессы в топочной камере.

Для создания математической модели использовался пакет прикладных программ FIRE-3D, который позволяет оперативно оценить влияние исходных данных на процессы в топке [1].

В программу расчета введены теплотехнические характеристики сжигаемого угля, температура сушильного агента, дисперсность частиц, а так же их процентное соотношение в зависимости от размера фракции, путем конвертации в требуемый формат. Задана сетка котла, которая соответствует реальным геометрическим характеристикам котла П-49 Назаровской ГРЭС, а также введены координаты горелок, нижнего и третичного дутья.

Произведены расчеты на модели НТВ-топки при  $\alpha=1,072$ ,  $B_p=39,444$  кг/с и заданном воздушном режиме (таблица 1).

На рисунке 1, где А – горелки, Б – нижнее дутье, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> – третичное дутье, показана аэродинамика топки в сечении по седьмой горелке. В нижней части топки образуется вихревое движение за счет взаимодействия горячих струй и нижнего и третичного дутья.

В области задней стенки в средней и верхней частях топки имеет место равномерный восходящий поток вдоль со скоростью 15-20 м/с.

Вдоль фронтального экрана и под подгорелочным козырьком осуществляется подъемное движение со скоростями 5-10 м/с.

Струя выходящая из горелочных устройств уверенно движется к тыльному экрану, взаимодействуя с нижним ярусом третичного дутья, переходит в восходящий поток. Скорость потока, как видно из диаграммы распределения скоростей, увеличивается с 5 до 25 м/с.

Таблица 1

Воздушный режим котла П-49

№ п/п	Наименование	Значение скорости, м/с
1	поток первичного воздуха на выходе из горелки	49
2	поток вторичного воздуха на выходе из горелки	54
3	поток на выходе из отходящих сопел системы нижнегодутья	37
4	поток на выходе из основных сопел системы нижнего дутья	30
5	поток на выходе из сопел нижнего яруса третичного дутья	35
6	поток на выходе из сопел среднего яруса третичного дутья	36

На формирование аэродинамической структуры в нижней части топки большое влияние оказывает нижний ярус третичного дутья, усиливая сепарацию частиц к заднему скату тыльного экрана.

В нижней части топки сформировалось низкотемпературное ядро горения с максимальной температурой 1400 °С (рисунок 2).

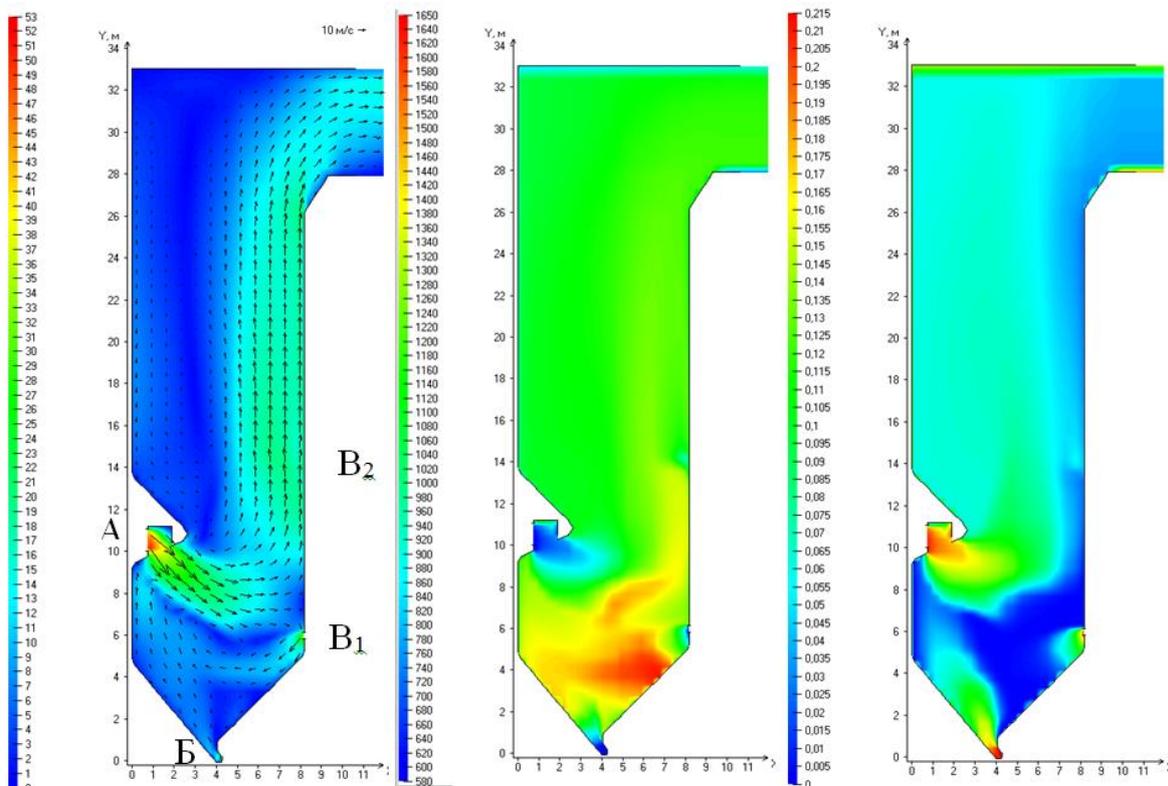


Рис. 1. Распределение скоростей Рис. 2. Распределение температур Рис. 3. Концентрация кислорода

## Температура

Зона повышенных температур показывает места горения тех или иных фракций в топочной камере. Мелкая фракция выгорает в объеме от горелок до задней стены, а затем поднимается вдоль нее ( $T=130-1400$  °C). Относительно крупная фракция ( $> 200$  мкм) уходит в нижний вихрь и, подхваченная нижним дутьем, выгорает на вертикальном участке фронтального экрана. Температура в нижней части определяется вихревым движением дисперсных угольных частиц.

## Концентрация кислорода

Охарактеризовать горение так же позволяет концентрация кислорода, так как при окислении топлива концентрации окислителя снижается практически до нуля. На рисунке 3 видно, что количество кислорода близкое к нулю находится в нижней части топки. По минимальным показателям концентрации кислорода можно оценить траектории выгорания угольных частиц. Исходя из этого, можно предположить, что, зона, расположенная наднадгорелочным козырьком и до потолка топки, является слабвовлеченной в вихревую структуру. Это ограничивает подвод топлива в данную часть топки. Соответственно, высокая концентрация кислорода в этой зоне позволяет сделать вывод об отсутствии там горения. В свою очередь, максимальная концентрация кислорода наблюдается в местах ввода струи в топку, причем она определяется долей подаваемых окислителей.

### Выводы:

- 1 Создана математическая модель котла П-49 Назаровской ГРЭС;
- 2 Выполнена адаптация исходных данных котла исследуемого котла НГРЭС для использования в пакете прикладных программ FIRE-3D
- 3 Выполнен анализ влияния исходных данных на аэротермохимические процессы в исследуемой математической модели.
- 4 Получены поля скоростей, температур и концентрации кислорода в сечении по горелке.

### Заключение

Математическая модель показала свою пригодность для её использования с целью оценки уровня скоростей, температур и других параметров. Образование вихря в нижней части топки и диаграммы концентрации кислорода и распределения температур подтверждают, что данная модель соответствует НТВ технологии. Тем не менее полученный избыток воздуха немного меньше необходимого значения ( $\alpha=1.071, < 1.2$ ), а значит модель нуждается в дальнейших исследованиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бубенчиков А.М. Численные модели динамики и горения аэродисперсных смесей в каналах / А.М. Бубенчиков, А. В. Старченко; Томский государственный университет. — Томск: Изд-во Томского ун-та, 1998. — 236 с. : ил. — Библиогр.: с. 221-234. — ISBN 5-7511-1004-8.