

# ТЕПЛОФИЗИКА

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНЫХ КАЗАХСТАНСКИХ УГЛЕЙ В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ТЭС

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов**

*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы*

Проведены численные исследования турбулентных реагирующих течений, происходящих при горении низкосортных казахстанских углей в камере сгорания реального энергетического объекта. Численно решены трехмерные уравнения реагирующих турбулентных потоков. Получены распределения концентраций вредных азотосодержащих веществ.

Проблемы теплофизики и теплоэнергетики вызывают огромный интерес и имеют ценность для практики. Актуальность данной проблемы и растущее внимание к ней связаны с повышением эффективности использования энергии и с решением экологических проблем, с работой действующих энергетических установок, с созданием новых камер сгорания, с увеличением количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу.

Участие энергетических предприятий в загрязнении окружающей среды продуктами сгорания топлива, твердыми отходами велико. Это, прежде всего, электростанции, работающие на твердом топливе и являющиеся основным источником загрязнения воздуха, воды и почвы. В атмосферу Казахстана выбрасываются такие вещества как оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, пыль, свинец, диоксид серы и т.д., которые наносят существенный вред человеческому организму.

Эта проблема может быть решена только на основе физического, математического и химического моделирования. В этой связи численный эксперимент становится одним из наиболее экономичных и удобных способов для детального анализа сложных физических и химических явлений, происходящих в топочной камере. Использование современных супер-ЭВМ (SUN) позволяет решать эти задачи для конкретных энергетических установок (ТЭС, ГРЭС и т.д.) и для любого энергетического топлива.

Проведение численных экспериментов по сжиганию пылеугольного топлива в топочных камерах реальных энергетических устройств позволяют:

- получить большой и достаточно полный набор характеристик процесса конвективного теплопереноса в реагирующих многофазных потоках,
- гибко вмешиваться в сам процесс на любой его стадии,
- проводить широкий анализ всех параметров будущего котла, что обеспечит экономию времени и средств в отличие от строительства действующей уменьшенной модели,
- перераспределять топливно-воздушные потоки в камере сгорания, используя различную компоновку горелок,
- решать вопросы эффективности использования энергии и экологические проблемы выбросов вредных продуктов сгорания.

В данной статье мы будем говорить о применении методов 3-D моделирования к исследованию процессов теплопереноса, происходящих при сжигании энергетического топлива в топочных камерах действующих ТЭС. Это исследование будем проводить на основе 3<sup>x</sup>-мерных уравнений Навье-Стокса, переноса энергии и массы с учетом теплопередачи, теплового излучения, химических реакций и многофазности среды.

Были проведены вычислительные эксперименты на примере высокозольного Карагандинского рядового угля КР200 в топочной камере действующего котла БКЗ-75 Шахтинской ТЭЦ (рисунок 1). Метод исследования, предложенный нами, позволяет проводить

такие численные эксперименты с любым твердым топливом на любых действующих электростанциях.

Полученные результаты имеют фундаментальное и практическое значение и могут быть использованы для развития теории горения твердых топлив, а также при проектировании камер сгорания различных ТЭС.

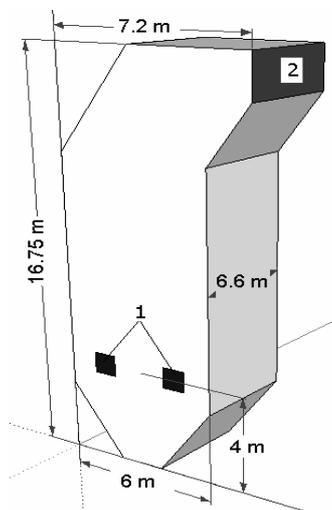


Рис. 1. Общий вид камеры сгорания

Котел БКЗ-75 оборудован четырьмя вихревыми пылеугольными горелками, установленными по две горелки с фронта и с тыла в один ярус. В котле сжигается пыль Карагандинского рядового (КР-200) угля, зольностью 35,1%, выходом летучих 22%, влажностью 10,6% и теплотой сгорания 18550 кДж/кг. Тонина помола угля составляет R=20%.

Были получены распределения концентраций реагирующих веществ, таких как NO, HCN и NO<sub>2</sub>.

Картина распределения концентрации азотосодержащих компонентов представлена на рисунках 2-4.

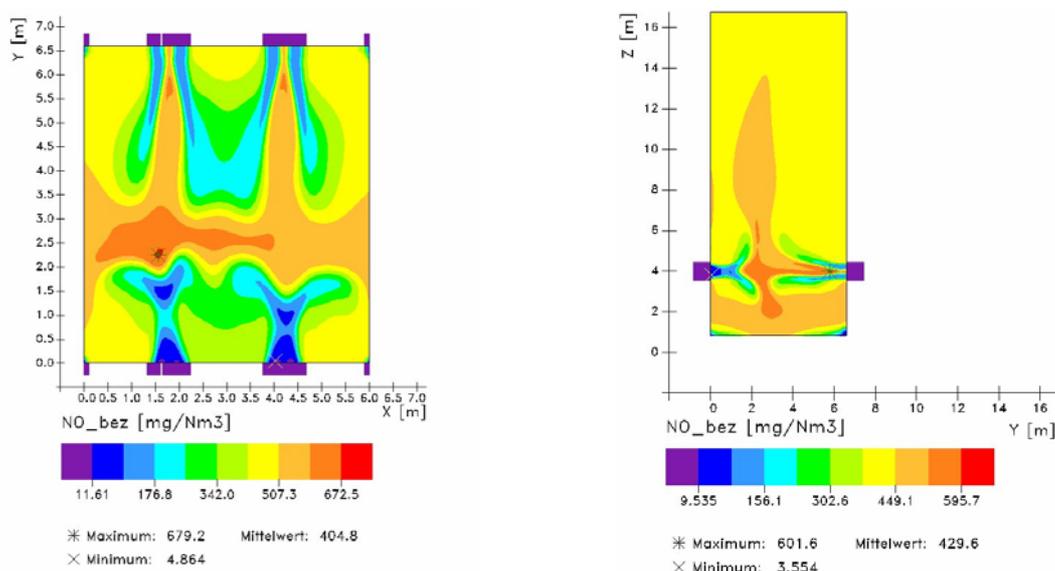


Рис. 2. Распределение концентрации NO в камере сгорания БКЗ-75 в центральном сечении

Как видно из представленных графиков наиболее интенсивное газообразование основных азотосодержащих компонентов происходит в области распространения потоков из горелок, что соответствует реальной картине процесса в камере сгорания.

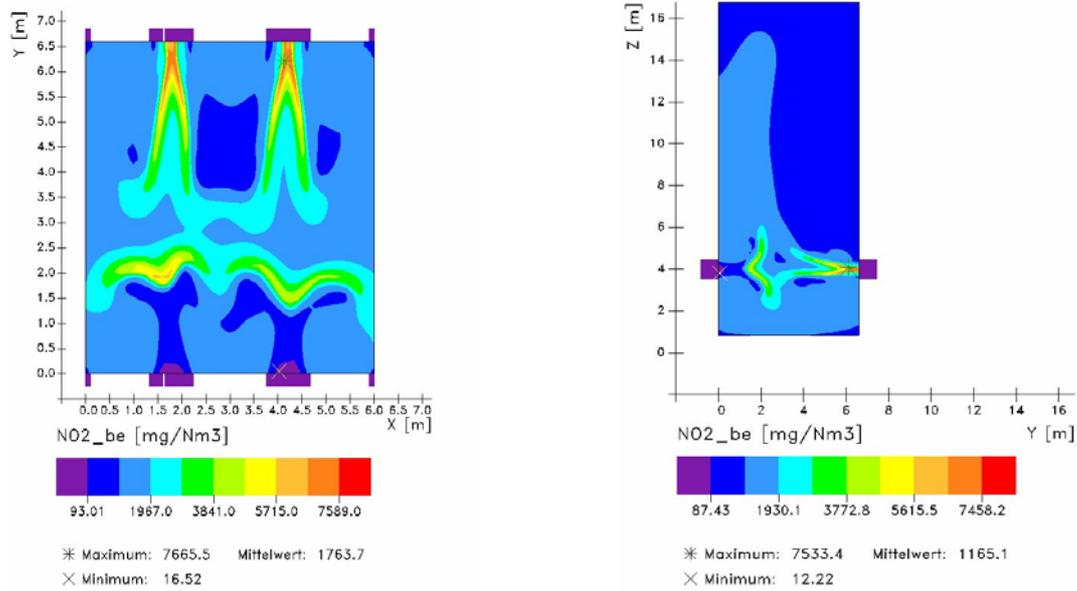


Рис.3. Распределение концентрации NO<sub>2</sub> в камере сгорания БКЗ-75 в области горелок

Характер распределения концентраций в этих плоскостях неоднозначен, что говорит о сложном, нелинейном характере процесса образования указанных веществ в этой области.

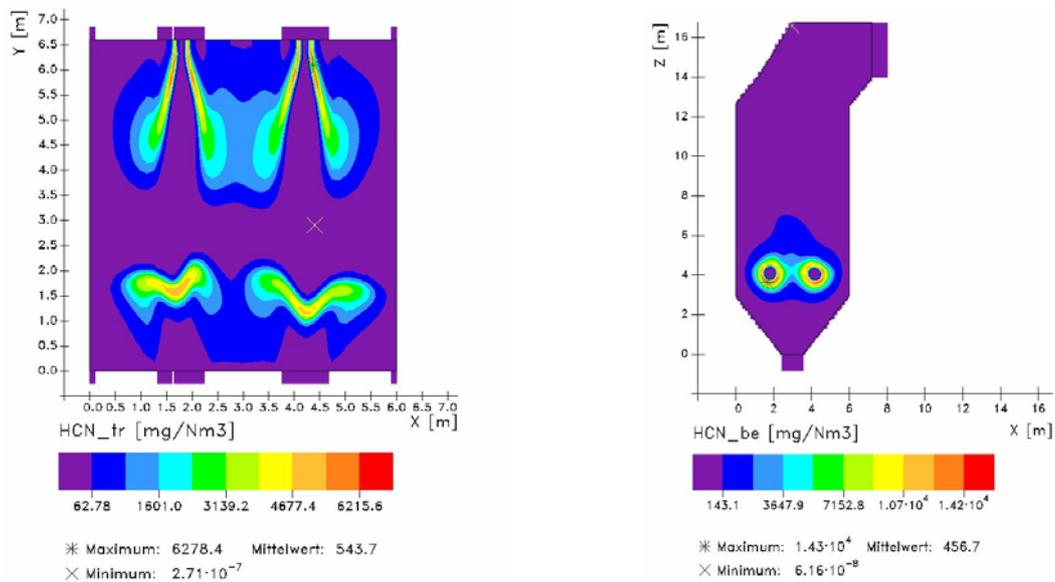


Рис. 4. Распределение концентрации синильной кислоты HCN в камере сгорания БКЗ-75 в области горелок

Полученные в работе результаты могут быть положены в основу разработки конкретных рекомендаций по организации процесса "чистого" сжигания твердого топлива.

Это в свою очередь позволит в значительной степени снизить вредные пылегазовые выбросы в атмосферу с целью эффективного развития топливно-энергетических предприятий и снижения до минимума вредного антропогенного воздействия ТЭС на окружающую среду.

### **Литература**

1 Askarova A.S., Heierle Ye., Leithner R., Müller H. CFD simulationen der NO<sub>x</sub> production in Kohlenstaub-befeuerten Brennkammern. // VDI-Berichte 2056, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 2009, S.575-579.

2 Аскарова А.С. Тепломассоперенос при сжигании твердого топлива в промышленных котлах на примере павлодарской ТЭЦ. // Теплофизика и аэромеханика, Новосибирск; 2001.- том7, № 2. С.293-300

3 Laufer J. Investigation of turbulent flow in two-dimensional channel // NASA Rept. 1053, 1951

## **ЖЭС ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТӨМЕНГІ СОРТТЫ КӨМІРДІҢ ЖАНУ ПРОЦЕСІН ҮШ ӨЛШЕМДІ ТҮРДЕ МОДЕЛДЕУ**

**Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, В.Ю. Максимов**

ЖЭС Қазақстандағы жану камерасындағы қатты отынның жану процесіне зерттеу жүргізілді. Реакцияға түсетін турбулентті ағыстың тендеуін үш өлшемді түрде сандық зерттеу жүргізілді. Жану камерасында NO<sub>x</sub> зиянды қалдықтардың түзілу нәтижесі зерттелді.

## **COMBUSTION OF LOW-RANK COALS IN TURNASES OF KAZAKHSTAN COAL-FIRING POWER PLANS**

**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, V.Ju. Maksimov**

The simulation of the combustion in the concurrent flow of low-rank coals in turnases of Kazakhstan coal-firing power plans has been performed. Numerical solution of the systems of differential three-dimensional stationary equations of turbulent reacting boundary layer has been obtained. The study of the influence of the initial factors on the process of combustion and formation of NO<sub>x</sub> has been carried out.