

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

Сёмушкин В.П., Юдин В.А.

Научный руководитель: Хаустов С.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: khaustovsa@tpu.ru

**USING OF MODERN 3D MODELING METHODS FOR BOILER DESIGN**

Semushkin V.P., Yudin V.A.

Scientific Supervisor: Khaustov S.A.

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: khaustovsa@tpu.ru

На сегодняшний день процесс конструирования котельных агрегатов напрямую связан с нормативным методом [1], который не в полной мере раскрывает картину правильности принятых решений.

Для того, чтобы наглядно оценить или спрогнозировать процесс длительной эксплуатации спроектированного энергетического оборудования необходимо прибегнуть к использованию современных методов численного моделирования. В настоящее время существует огромное множество прикладных программ для расчета, моделирования и графического отображения физико-химических процессов, протекающих в процессе работы котла. Это широко известные среди специалистов в области энергетики пакеты прикладных программ ANSYS FLUENT и FIRE 3D. Использование этих профессиональных программных продуктов позволяет [2]:

- избавиться от трудоемких и дорогостоящих проверок и экспертиз;
- прорабатывать большее количество конструктивных вариантов за короткий срок;
- оценить технико-экономические и экологические стороны эксплуатации еще на стадии проектирования.

Исходя из всего вышперечисленного, следует цель – разработка проекта эффективной, высокопроизводительной котельной установки на базе барабанного котла П-образной компоновки паропроизводительностью 210 т/ч для работы на буром угле Подмосквовного бассейна в составе энерготехнологического комплекса Райчихинской ГРЭС.

Научная новизна работы состоит в использовании универсального современного программно-вычислительного комплекса для проведения инженерных расчетов методом конечно-элементного анализа ANSYS CFD.

Топочная камера (рис. 1 а) котла Е-210-11-515 БТ оборудована шестью прямоточными щелевыми горелками, установленными тангенциально к условной окружности диаметром 1 м (рис. 1 б). С целью эффективного смесеобразования и интенсивного воспламенения топлива горелки расположены в один ярус, а тепловая мощность каждой (рис. 1 в) составила 25 МВт.

Численные исследования, велись согласно значениям, полученным в результате нормативного теплового расчета. По результатам которого, распределение температур рабочего тела и дымовых газов по поверхностям нагрева спроектированного котельного агрегата имеет вид, представленный на рисунках 2 и 3. Сводные технические характеристики спроектированного котла приведены в таблице 1.

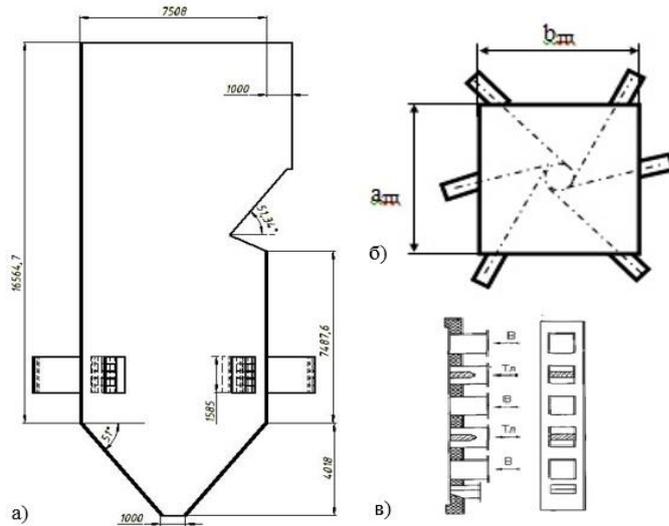


Рис. 1. Топочная камера с тангенциальным расположением прямооточных горелок котла E-210-11-515 БТ

Таблица 1

Сводные технические характеристики котла E-210-11-515 БТ

Паропроизводительность, $D$	Расход топлива, $B_p$	КПД (брутто), $\eta_k$	Температура пара, $t$		Давление пара, $P$	
			насыщенного	перегретого	в барабане	перегретого
т/ч	кг/с	%	°C		МПа	
210	16,70	90,84	329	515	13,7	11

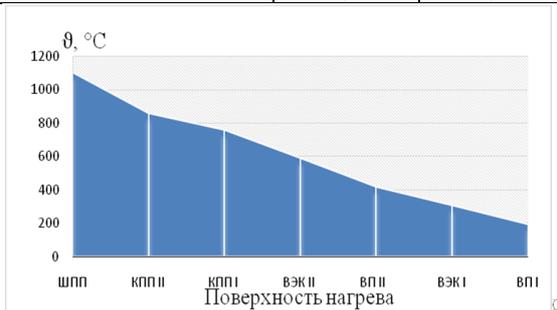


Рис. 2. Средние значения температуры дымовых газов в поверхности нагрева

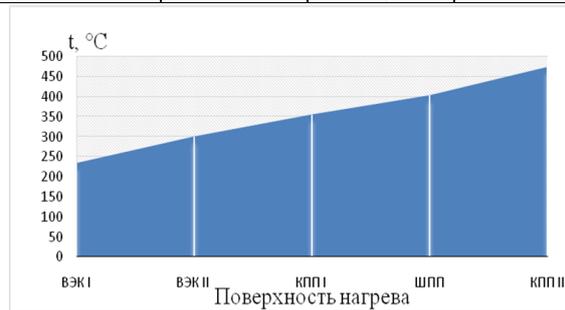


Рис. 3. Средние значения температуры рабочего тела в поверхности нагрева

В процессе аэродинамического расчета определены сопротивления газового тракта – 180,42 мм. вод. ст. и перепад давлений по газовому тракту – 133,7 мм. вод. ст. Спроектированы газопроводы и произведен выбор золоуловителей и дымососов: два электрофильтра типа УГ2-3-53-01 с производительностью по газам 286000 м<sup>3</sup>/час и два дымососа двустороннего всасывания типоразмера ДН-18×2 с частотой вращения, равной 590 об/мин. По условиям отвода газов и рассеивания содержащихся в них SO<sub>2</sub> и других вредных веществ рассчитана дымовая труба, высота которой по СНиП П-Г.9-65 составляет 200 м.

С помощью средств численного моделирования, таких как ANSYS FLUENT, анализировался процесс горения твердого топлива в топочной среде [3]. Полученные результаты, представлялись в виде векторных полей, линий тока и контурных графиков: распределения температуры и скоростей движения среды по объему топочной камеры.

Вследствие тангенциального размещения горелок и прямооточной подачи топливно-воздушной смеси, температура в пристеночной области распределяется достаточно равномерно, что обеспечивает

равномерный прогрев теплоносителя и не допускает перегрева и пережога материала стен (рис. 4). Кроме того, наблюдается кольцевое ядро горения, расположенное в центре топочной камеры, что соответствует выбранной организации сжигания бурого угля. Температура горения в ядре факела составляет около 1750 °С (рис. 4).

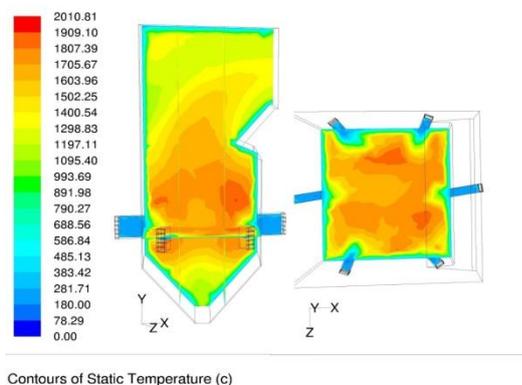


Рис. 4. Распределение температуры в объёме топки котлоагрегата

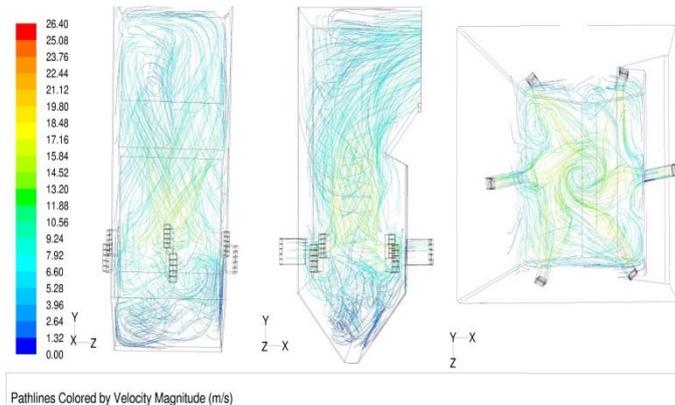


Рис. 5. Линии тока по скоростям с цветовой индексацией

В объёме топки исследуемого котла наблюдается выраженная вихревая аэродинамика с неравномерным распределением скоростей движения топочной среды по продольному сечению (рис. 5), что объясняется интенсивным вихревым перемешиванием потоков в ядре горения. Вследствие аэродинамического торможения скорость горелочной струи снижается с 21 м/с до 12 м/с. В области выходного окна скорость дымовых газов составляет около 5 м/с и не противоречит значению, рассчитанному по нормативной методике [1].

По результатам численного моделирования, выбранная конфигурация горелочного оборудования способствует стабильному воспламенению пылевоздушной смеси и устойчивому горению. Расчетные объёмные температурные поля (рис. 4) свидетельствуют надёжной работе проектируемой топочной камеры по условиям распределения тепловых потоков для исключения негативных гидродинамических эффектов в контуре циркуляции. В целом выбранная конструктивная схема котельного агрегата соответствует всем требованиям надёжности и экологичности. Представленный в работе проект котельной установки на базе котла Е-210-11-515 БТ может стать основой для разработки и выполнения конструкторско-проектных решений, мероприятий по замене и модернизации основного оборудования Райчихинской ГРЭС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – СПб.: Издательство НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
2. Гиль А.В., Заворин А.С., Лебедь Д.В., Старченко А.В. Численное исследование сжигания резервного топлива в топке котла БКЗ-210-140 // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – № 4. – С. 65–75.
3. Хаустов С.А., Заворин А.С. Численное исследование аэродинамики жаротрубной топки с реверсивным факелом // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 4. – С. 5–9.