

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ С ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКОЙ

Кузнецов В.А., Чернецкий М.Ю.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ № 1234-р от 28.08.2003 г., твердое органическое топливо будет являться основным источником для производства энергии (на крупных энергоблоках) на длительную перспективу, поэтому проблема повышения эффективности его использования и экономного расходования является актуальной. Рост угольной энергетики будет покрываться в основном за счет ввода энергоблоков с традиционным факельным сжиганием угля.

Проведение опытных сжиганий не может выявить в полной мере существующие зависимости процесса горения от качества топлива и физико-химических закономерностей процессов горения пылеугольных частиц. Вследствие этого, большую роль в разработке и совершенствовании технологий сжигания угольного топлива отводится численному моделированию.

Математическое моделирование топочных устройств является на сегодняшний день одним из важнейших способов получения наиболее представительной информации об аэродинамике, локальном и суммарном теплообмене. Несмотря на большие успехи, достигнутые в развитии численного эксперимента, большое разнообразие, до конца не изученная структура угля и сложные химические процессы, происходящие при горении угольного топлива, не позволяют создать универсальных моделей. Поэтому остается актуальной задача поиска математических моделей с использованием существующих экспериментальных данных по углям и создания на их основе комплексной модели для расчета топочной камеры, что позволит более точно описать процессы горения пылеугольного топлива в топочно-горелочных устройствах.

Математическое моделирование горения пылеугольного топлива в топочной камере с вихревой горелкой проводилось с использованием CFD-пакета FLUENT вер. 14 [2]. Был выбран объект расчетного исследования – топочная камера с вихревой горелкой [1]. Форма и размеры топочной камеры показаны на рисунке 1.

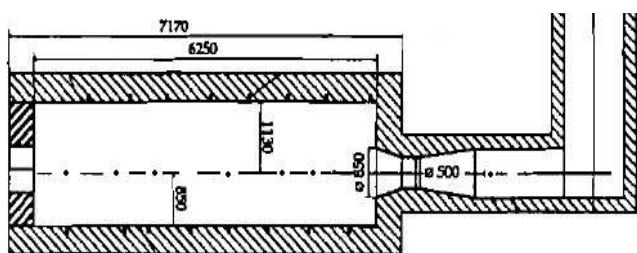


Рис. 1 – Топочная камера

Для расчетов была выбрана математическая модель, которая включала в себя: описание движение несущей фазы на основе RANS подхода с двухпараметрической моделью турбулентности $k-\epsilon$, перенос

излучения на основе дискретно-ординатного метода, движение частиц на основе подхода Лагранжа, горение в газовой фазе на основе гибридной модели, горение угольной частицы включало в себя выход остаточной влаги, выход летучих и горение коксового остатка.

На рисунке 2 показана расчётная область задачи.

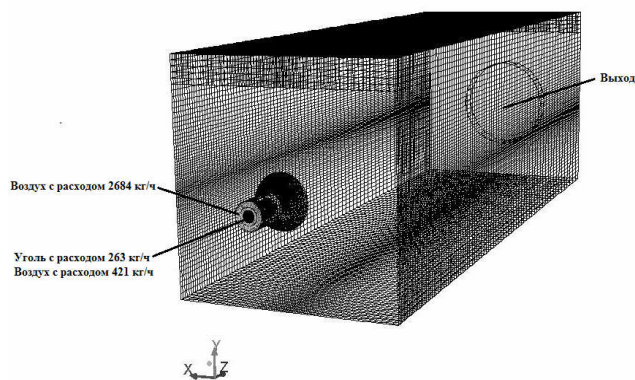


Рис. 2 – Геометрии задачи

В качестве граничных условий во входном внутреннем кольцевом сечении задавался расход угля 0,0731 кг/с и поток воздуха с аксиальной скоростью 23,02 м/с. Во внешнем кольцевом сечении задавался воздух с параметрами: аксиальная скорость 43,83 м/с, тангенциальная скорость 49,42 м/с.

Ниже представлены результаты расчёта. Сравнения разных моделей турбулентности показаны на рисунках 3-5. На рисунке 6 показано распределение температуры. Видно, что профиль температуры, посчитанный, с применением модели $k-\epsilon$, максимально приближен к экспериментальному распределению температуры. А с использованием $k-w$ sst и $Reynolds$ Stress получается, что температура завышается в областях, где этого не должно быть. Модель турбулентности $k-\epsilon$ предпочтительнее для данной задачи, при данной детализации сетки (1 500 000 ячеек).

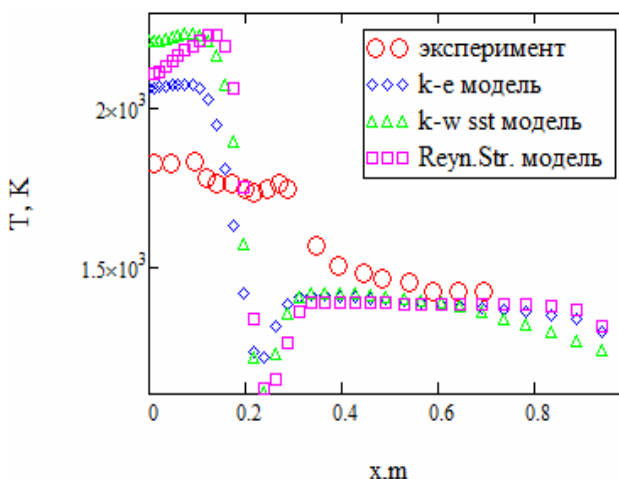


Рис. 3 – Профиль температуры ($z = 0.25$)

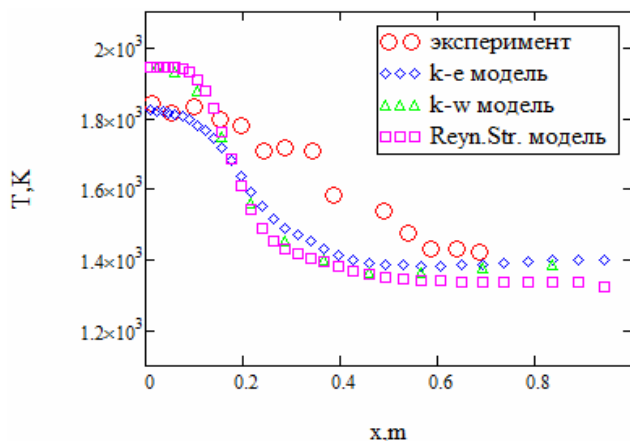


Рис. 4 – Профиль температуры ($z = 0.85$)

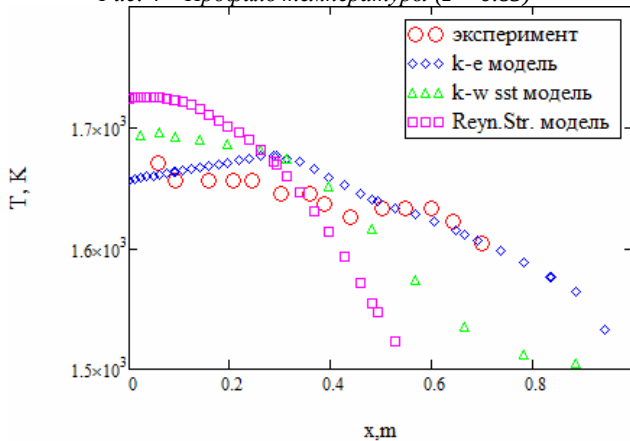


Рис. 5 – Профиль температуры ($z = 1.95$)

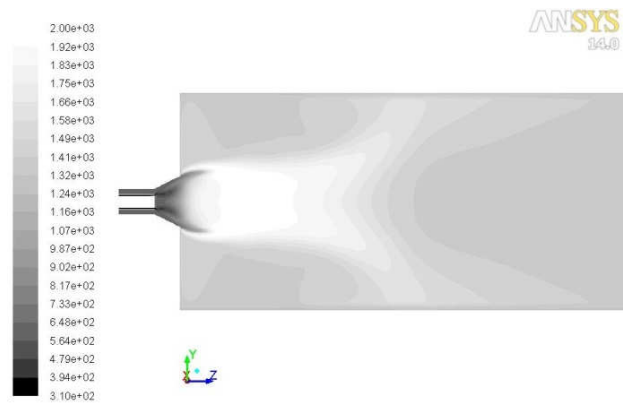


Рис. 6 – Поле температуры

Результаты расчетов и сравнение с экспериментальными данными показали, что выбранная математическая модель и численные методы ее решения позволяют правильно описать процесс горения пылеугольного топлива в топочной камере с вихревой горелкой и дает возможность выполнять численные исследования процесса горения твердого топлива при факельном сжигании с точностью достаточной для инженерных задач.

Список литературы:

1. André A. F. Peters & Roman Weber (1997): Mathematical Modeling of a 2.4 MW Swirling Pulverized Coal Flame, Combustion Science and Technology, 122:1-6, 131-182.
2. Митрофанов, И.К. FLUENT и GAMBIT - Программы для решения задач механики жидкости и газа, тепло и массопереноса /И.К.Митрофанов. 2009 –Режим доступа http://www.teplota.org.ua/2009-08-25-fluent_gambit_ru.html (Дата обращения 29.01.2012)