

7. Oxidation processes in titanomagnetites / P.W. Readman, W.O. Reilly // Z. Geophys B. 37. 1971. № 3. – Pp. 329-338.

УДК 621.1

Л. А. Шмакова, В. А. Микула

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВИХРЕВОЙ ТОПКИ ВОЗДУШНОГО КОТЛА

Аннотация

В работе было рассмотрено использование низкотемпературной вихревой технологии, для её применения в схеме воздушного котла. Воздушный котел является одним из ключевых элементов в схеме гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива. В работе была создана модель низкотемпературной вихревой топке. Модель рассчитана с помощью CFD-моделирования. Проанализировано влияние температуры газов рециркуляции на температуру продуктов сгорания.

Ключевые слова: вихревая топка, рециркуляция дымовых газов, низкая температура, ПГУ-ВЦГ, воздушный котел.

Abstract

The article considered the use of low-temperature swirling-type technology, for its application in the air-boiler design. The air boiler is one of the key elements in the scheme of hybrid integrated gasification combined cycle with external fuel combustion based on processes of coal heat treatment and "external" combustion of fuel. The model of swirling-type furnace was created in this paper. The model was calculated using CFD-modeling. The influence of flue gas recirculation temperature on combustion gases temperature was analyzed.

Key words: swirling-type furnace, flue gas recirculation, low temperature, IGCC, air boiler.

Парогазовые установки с внутрицикловой газификацией с внешним сжиганием твердых топлив одно из перспективных направлений использования природных ресурсов в виде угля.

Воздушный котел (ВК) один из основных элементов в схеме гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива. Сжатый воздух, направляемый в камеру сгорания газовой турбины, возможно нагреть в ВК до 750-900 °С. В связи с тем, что воздух до необходимой температуры возможно нагреть в конвективных поверхностях ВК, принято решение отказаться от радиационных поверхностей нагрева в топке [1].

Низкотемпературная вихревая технология была разработана в России в 1970-х г.г. и на данный момент прошла широкую апробацию в энергетике. Перспективность НТВ-технологии объясняется тем, что в энергетической стратегии России на период до 2035 года она рекомендуется для внедрения [2]. НТВ-технология должна позволить поддерживать необходимую температуры продуктов сгорания на входе в конвективную часть.

Характерной чертой данной технологии является принцип факельного сжигания топлива угрубленного помола в условиях многократной циркуляции частиц в зоне активного горения. За счёт низкотемпературного вихря снижаются выбросы NO_x , что дает дополнительные экологические преимущества. Также преимуществами данной технологии являются стабильное воспламенение низкосортных топлив, работы в большом диапазоне колебаний характеристик топлива, безшлаковачная работа поверхностей нагрева. Низкая чувствительность к изменениям характеристик топлива является сильной стороной НТВ-технологии. Это позволяет сжигать несколько видов твердого топлива и унифицирует топку по топливу.

В топке с НТВ-технологией вихрь формируется за счет встречного движения двух потоков: первый поток представляет собой пылевоздушную смесь, второй поток – воздух. Пылевоздушная смесь подается через горелки, воздух – через систему нижнего дутья (СНД).

Мы предлагаем использовать для ВК схему, в которой отсутствуют поверхности нагрева в зоне активного горения. В данной схеме сжигание топлива осуществляется в топке с низкотемпературным вихрем, поддержание низкой температуры при сжигании предлагается осуществлять за счет газового охлаждения (рециркуляцией продуктов сгорания с выхода конвективной шахты котла в вихревую и прямоточную зоны горения).

В настоящее время нет практического применения топки с НТВ-технологией и без радиационных поверхностей нагрева. На Назаровской ГРЭС с помощью введение газов рециркуляции получилось снизить температуры на выходе из топки [3]. Поэтому есть вероятность, что удастся разработать топку воздушного котла с НТВ-технологией без поверхностей нагрева.

Для того, чтобы убедиться в возможности снизить температуру в зоне активного горения с помощью газов охлаждения было принято решение создать модель топки с НТВ-технологией и рассчитать её с помощью метода вычислительной гидродинамики (CFD-моделирование).

Решение задачи включает следующие этапы: построение геометрии, расчет сетки, задача граничных условий, получение решения. При создании геометрической модели принимаем глубину зоны активного горения 500 мм, выступы под углом 45° к горизонтали, на нижней образующей устанавливаем горелку и на противоположной стороне СНД (рис. 1). Размер ячеек для расчетной сетки принимаем 0,0015 м, ячейки для подвода топлива и воздуха – 0,001 м. При задании граничных условий учтено, что топка вихревая, т.е. на выходе из зоны активного горения присутствуют обратные токи.

Для первого приближения было решено моделировать формирование вихря из струй воздуха разной температуры. Было принято, что первый поток воздуха с температурой 1923 К моделировал пылевоздушный, а второй поток – поток от СНД и температура его варьировалась от 573 К до 673 К.

В результате моделирование показало, что вихрь формируется, но занимает не весь объем топки (рис. 2). Также результаты показали, что средняя температура по выходному сечению топки с НТВ-технологией при температуре второго потока равной 673 К составила 1301 К, при 623 К – 1272 К, при 573 К –

1243 К (рис.3). А средняя скорость по выходному сечению: при 673 К – 0,93 м/с, при 623 К – 0,94 м/с, при 573 К – 0,96 м/с.

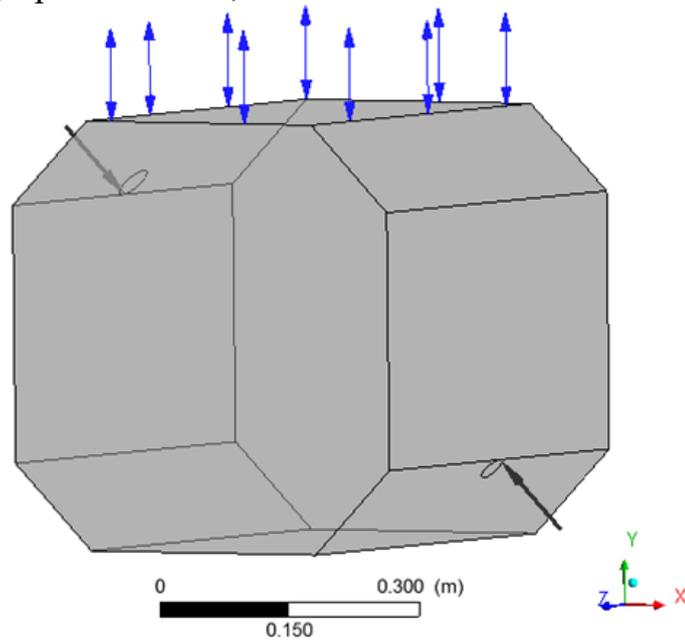


Рис. 1. Модель топки с НТВ-технологией

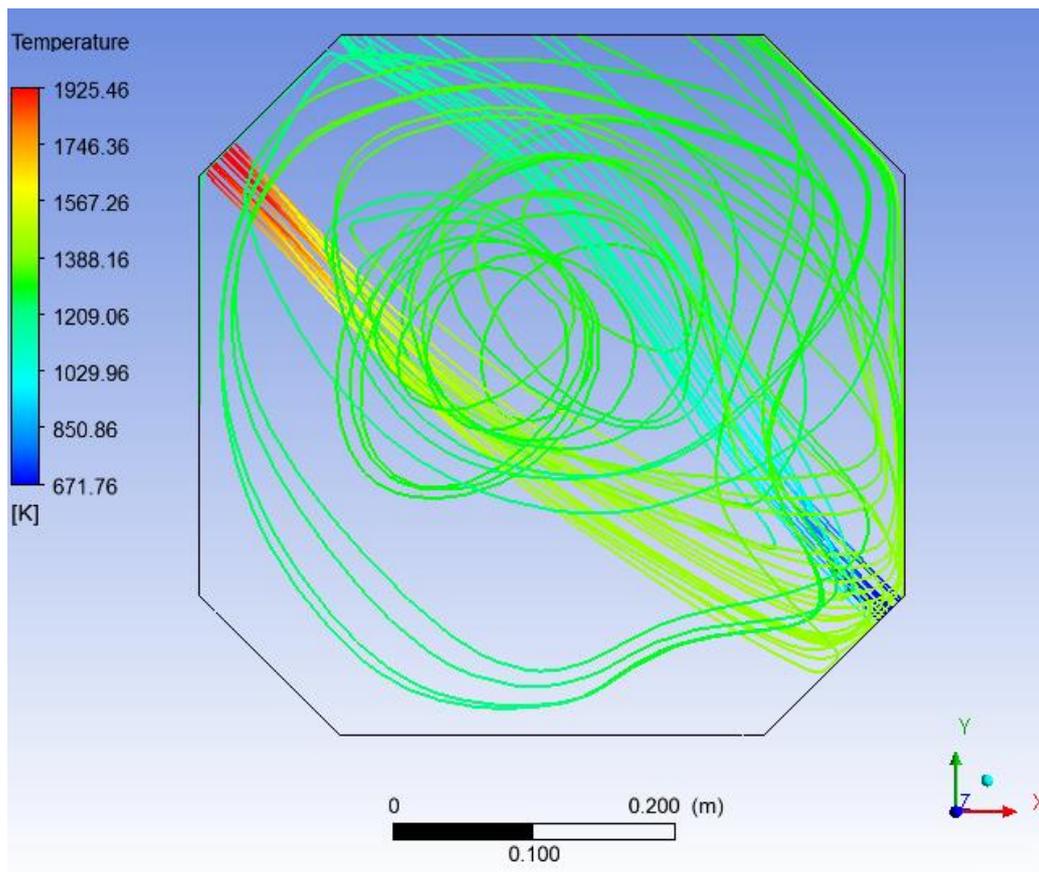


Рис. 2. Модель низкотемпературного вихря

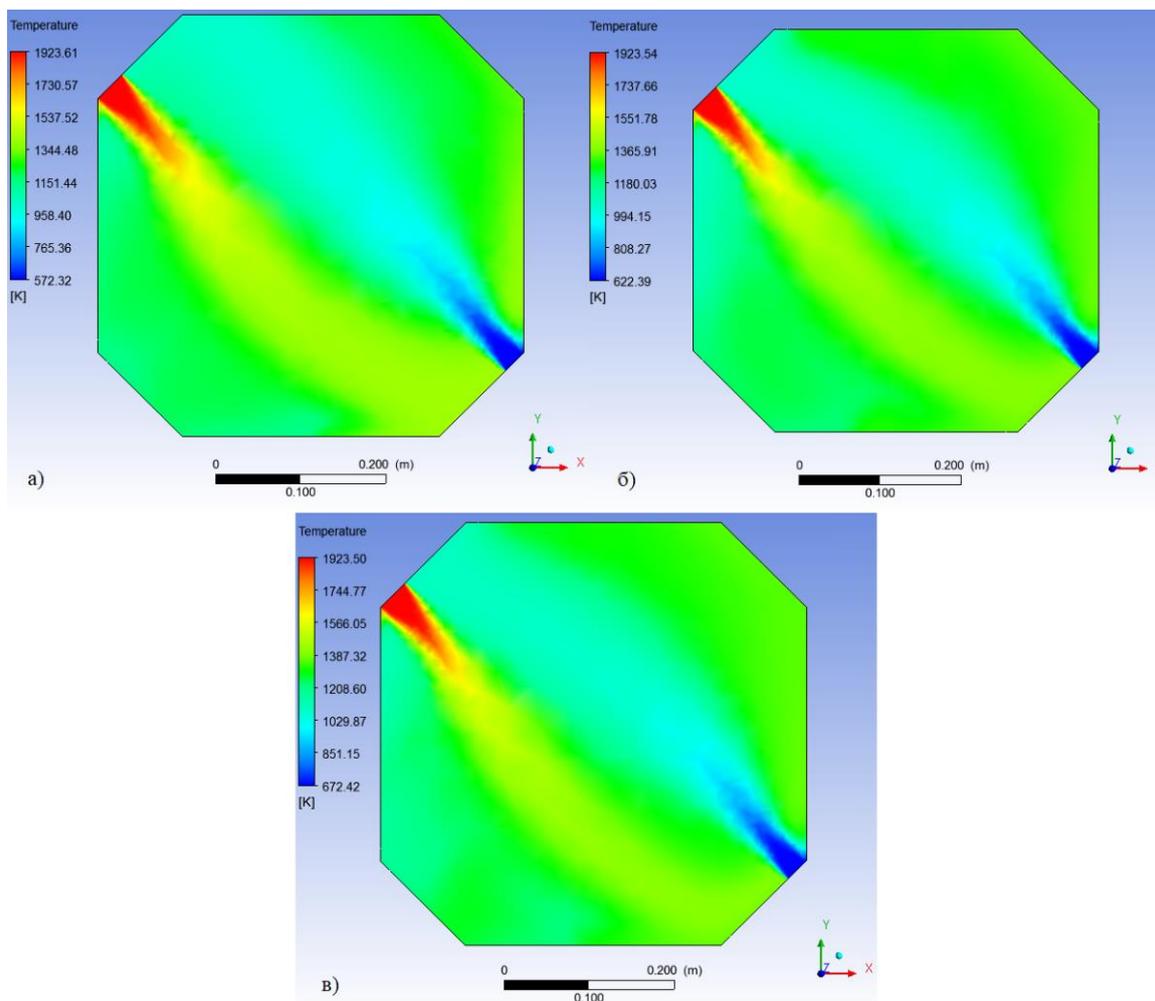


Рис. 3. Температурное поле точки с НТВ технологией при температуре второго потока: а – 573 К; б – 623 К; в – 673 К

Список использованных источников

1. Шмакова Л.А., Семенов Н.А., Кузнецова О.П., Микула В.А. Выбор схем воздухонагревательной установки для ПГУ-ВЦГ // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2017. – С. 430–433.
2. Проект Энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года (редакция от 01.02.2017) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 30.03.2017).
3. Скудицкий В.Е., Аношин Р.Г., Рундыгин Ю.А., Михайлов В.В., Рыжиков Н.В., Григорьев К.А. Решение проблем сжигания углей Канско-Ачинского бассейна в котле П-49 блока 500 МВт Назаровской ГРЭС // Электрические станции. 2017. № 2. – С. 23-28.