

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПЕЧИ ОБЖИГА ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ОДНОРЯДНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ

Курносков В.В., Васильев В.М., Кондрашенко С.И.

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС», г. Москва, Россия

*В данной работе с помощью программно-вычислительного комплекса FloEFD проведено моделирование охлаждения огнеупорных изделий в печи. Воздух на охлаждение поступал через специальное щелевое отверстие, выполненное в своде, а также через цилиндрические отверстия в стенах печи. Представлены температурные поля и поля скорости в различных сечениях пространства печи. Сделаны выводы о возможности применения данного способа охлаждения, удовлетворяющего комплексу технологических и энерго-экологических требований.*

*Ключевые слова: температура, охлаждение воздухом, моделирование, теплота воздуха, огнеупорные изделия.*

*In this article by means of software and computing complex FloEFD the modeling of cooling in the furnace refractories. Cooling air enters through a special slot that is formed in the roof and through the cylindrical apertures in the walls of the furnace. The temperature field and the velocity field in the various sections of the furnace chamber were shown. Conclusions about the possibility of using this method of cooling, satisfying a set of technological and energy-environmental requirements were made.*

*Keywords: temperature, cooling by air, simulation, warm air, refractories.*

На сегодняшний день в условиях нестабильных цен на топливно-энергетические ресурсы все больше внимания уделяется вопросам совершенствования технологических процессов.

При совершенствовании технологических процессов значительное внимание уделяется разработке и внедрению различных способов нагрева и охлаждения изделий.

Охлаждение огнеупорных изделий после обжига – это один из самых ответственных моментов. В данной работе предложен вариант охлаждения воздухом, поступающим через щелевое отверстие в своде печи, а также через отверстия в боковых стенах печи. Воздух, поступающий через боковые отверстия, необходим для обеспечения многократного взаимодействия охлаждающего воздуха с поверхностью огнеупорных изделий.

Методом численного моделирования проведен расчет охлаждения огнеупорных изделий на участке печи. Изделия с температурой 1000 °С поступают в зону охлаждения. Воздух с температурой 20 °С подается в щелевое отверстие и через боковые отверстия. Часть воздуха удаляется в направлении движения кирпича, часть – в противоположном. Время расчета 2 мин. Для уменьшения расчетной области в плоскости симметрии принято условие симметрии. Схема участка печи представлена на рис. 1.

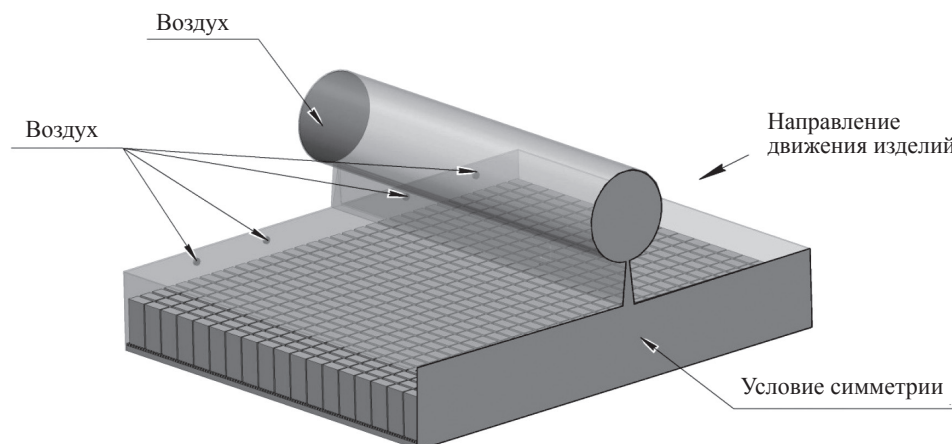


Рис. 1. Схема участка печи

Для получения результатов в вычислительном комплексе FloEFD решались уравнения неразрывности, три уравнения Навье–Стокса, три уравнения модели турбулентности (к-ε), уравнение энергии\*.

На рис. 2 и рис. 3 представлены поля скорости и температуры в плоскости симметрии щелевого отверстия в своде.

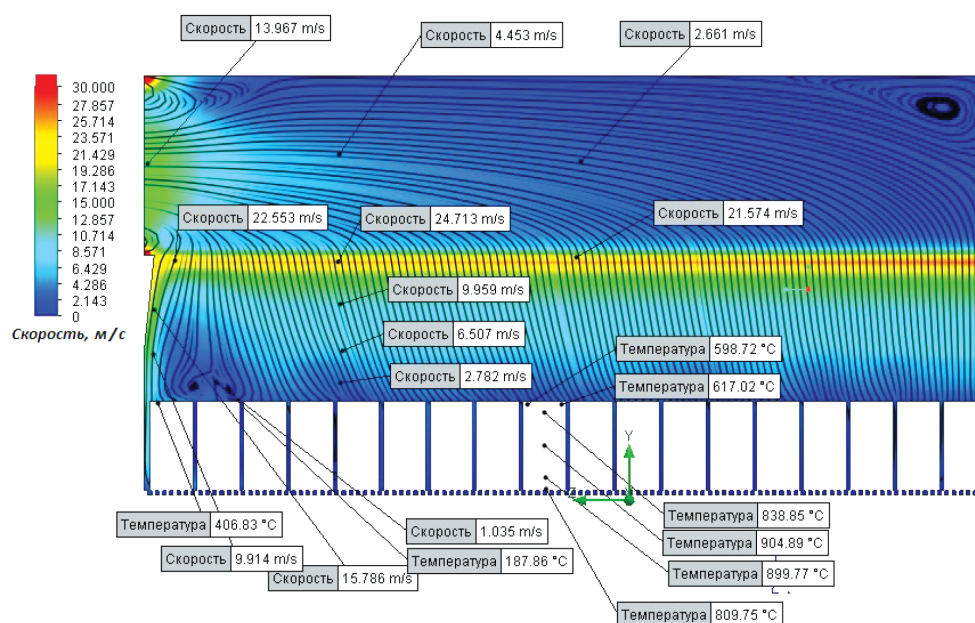


Рис. 2. Поле скорости в плоскости симметрии щелевого отверстия в своде

\* Руководство пользователя программно-вычислительного комплекса FloEFD. MentorGraphics, 2013.

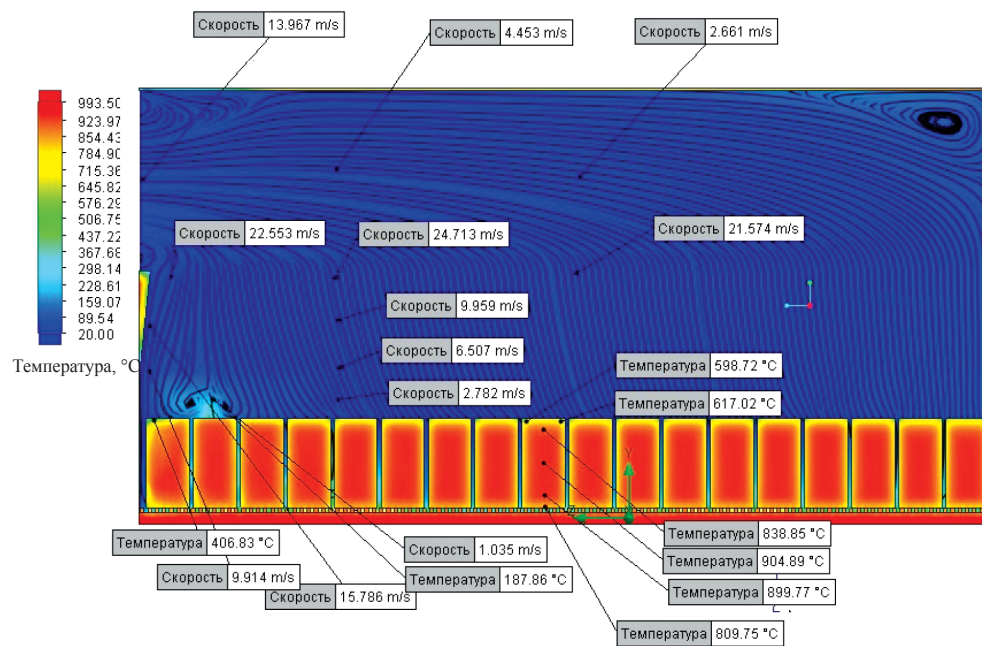


Рис. 3. Поле температуры в плоскости симметрии щелевого отверстия в своде

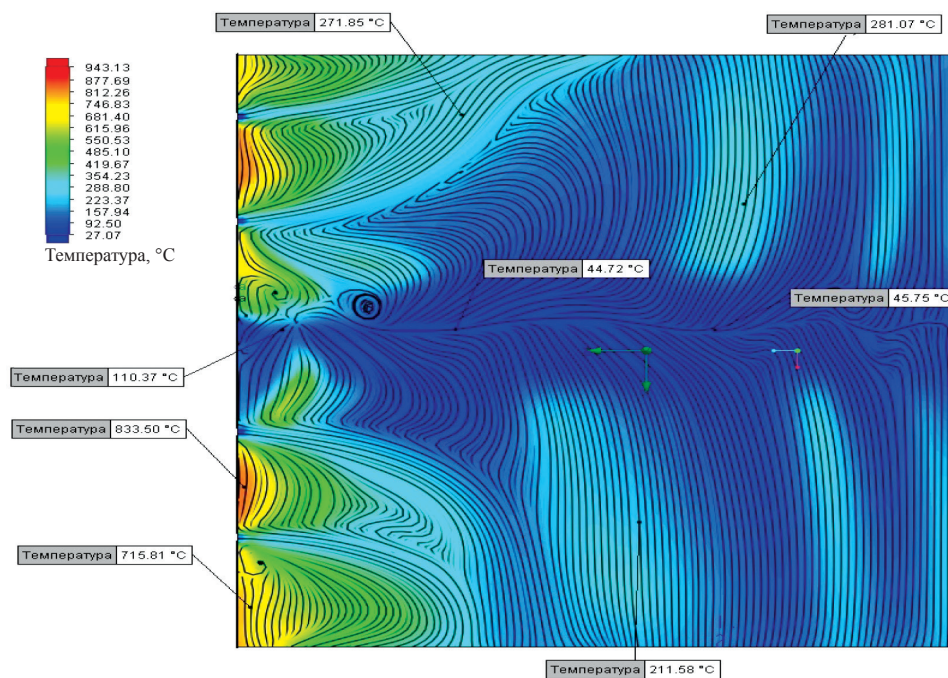


Рис. 4. Поле температуры в горизонтальной плоскости через оси боковых отверстий

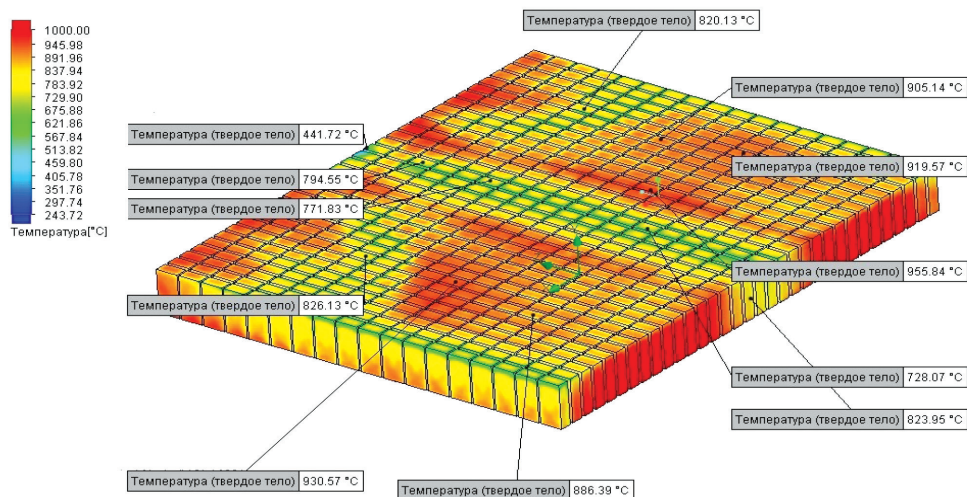


Рис. 5. Температура поверхности изделий

На рис. 2 видно, что за счет наличия конфузора увеличивается скорость истечения воздуха через щелевое отверстие в своде. Таким образом скорость воздуха над поверхностью огнеупорных изделий около 2 м/с. Скорость движения воздуха между изделиями 0,5 до 1,5 м/с. За счет этого поверхности изделий охлаждается более чем на 300 °C, а центр изделий на 100 °C. Данные результаты представлены на рис. 3.

На рис. 4 представлено поле температур в горизонтальной плоскости через оси боковых отверстий. Видно, что поток воздуха из боковых отверстий оказывает влияние на поток воздуха из щелевого отверстия на расстоянии 1/3 ширины расчетной области. В зоне действия потока воздуха из боковых отверстий наблюдается повышение температуры воздуха до 700 °C за счет его многократного участия в теплообмена с охлаждаемыми изделиями и стеной печи.

На рис. 5 представлено поле температур поверхности изделий. Видно, что поверхности изделий, находящихся под щелевым отверстием в своде (по два ряда в каждую сторону от плоскости симметрии щелевого отверстия), после 2 мин охлаждения имеют температуру порядка 700 °C. Также заметное снижение температуры поверхности изделий наблюдается в зоне движения воздуха из боковых отверстий. Наименьшее охлаждение поверхности изделий наблюдается в зонах отсутствия влияния потока воздуха из боковых отверстий и щелевого отверстия, а также вблизи боковой стены.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Представленный способ охлаждения позволяет проводить равномерное охлаждение изделий в зоне действия потока воздуха.
2. Неравномерность охлаждения изделий во всей расчетной области связана с отсутствием моделирования движения садки.
3. Теплоту воздуха, полученную от садки, можно использовать в горелочных устройствах в зоне обжига для уменьшения расхода газа.