

УДК 621.181

П.В.Козлов (6 курс, каф. РиПГС), А.П.Парамонов, к.т.н., доц.

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЛУЧИСТЫЙ ТЕПЛООБМЕН В ТОПКЕ КОТЛА

На данный момент в России работает большое количество энергоблоков большой мощности – 500, 800 и 1000 МВт на твердом топливе. Котлы большой мощности, используемые на этих энергоблоках, имеют очень большие габаритные размеры. Например, котлы П-67 имеют размеры топки в плане 25×25 м и высоту около 100 м.

При таких больших габаритах и факельном способе сжигания топлива имеет место очень большая неравномерность температурного поля по сечению топки, что приводит к интенсивному шлакованию экранных и ширмовых поверхностей нагрева.

Для оценки величины неравномерности температурного поля была использована трехмерная математическая модель лучистого теплообмена в топке [1].

Баланс энергии, поступающей вдоль направления \square в малый элемент объема поглощающе-испускающей и рассеивающей среды [2], записывается в виде:

$$(\Omega * \nabla)I(r, \Omega) = -(\bar{k} + \bar{\sigma})I(r, \Omega) + \bar{k}I_b(r) + \frac{\bar{\sigma}}{4\pi} \int_{\Omega'=4\pi} I(r, \Omega') \Phi(\Omega \rightarrow \Omega') d\Omega', \quad (1)$$

где $\Phi(\square \rightarrow \square')$ — угловая функция переноса энергии направления падения \square' (на направление испускания \square); $I(r, \square)$ — интенсивность излучения, зависящая от положения и направления; $I_b(r)$ — интенсивность черного излучения при температуре среды; \bar{k} и $\bar{\sigma}$ — коэффициенты поглощения и рассеяния среды соответственно.

Выражение в левой части представляет собой производную по направлению \square от интенсивности. Три члена в правой части определяют изменение интенсивности благодаря поглощению и рассеянию вовне, испусканию и рассеянию внутрь соответственно.

Граничное условие излучения для диффузно испускающей и отражающей поверхности [2], задается в виде:

$$I(r, \Omega) = \varepsilon * I_b(r) + \frac{\rho}{\pi} \int_{n * \Omega' < 0} |n * \Omega| I(r, \Omega') d\Omega', \quad (2)$$

где $I(r, \square)$ — интенсивность лучистой энергии, выходящей за граничную поверхность, \square — степень черноты поверхности, ρ — ее коэффициент отражения и n — вектор единичной нормали в точке границы.

Уравнение энергии для выделенного объема V топочной камеры, если пренебречь работой сил тяжести, молекулярным теплообменом, диссипацией [3], может быть записано в виде:

$$V \frac{d}{dz}(cwt) - \oint_{F_V} E_{рез} dF = BQ_i^r \frac{d\beta}{dz}, \quad (3)$$

где V — рассматриваемый объем топочной камеры, м³; c — теплоемкость продуктов сгорания, кДж/(м³×°С); w — скорость газов, м/с; t — температура продуктов сгорания, °С; $E_{рез}$ — результирующий тепловой поток по поверхности рассматриваемого топочного объема, кДж/м²; B — расход топлива, кг/ч; β — коэффициент, характеризующий тепловыделение в объеме топки; Q_i^r — теплотворная способность топлива, кДж/кг.

Для исследования была выбрана топка, имеющая форму параллелепипеда с размерами $X_{max} \times Y_{max} \times Z_{max}$ (см. рис. 1). Размеры $Y_{max}=16$ м, $Z_{max}=24$ оставались постоянными для всех расчетов. Оптическая толщина излучающего слоя S изменялась за счет варьирования размера X_{max} от 4 до 18 м (см. табл. 1).

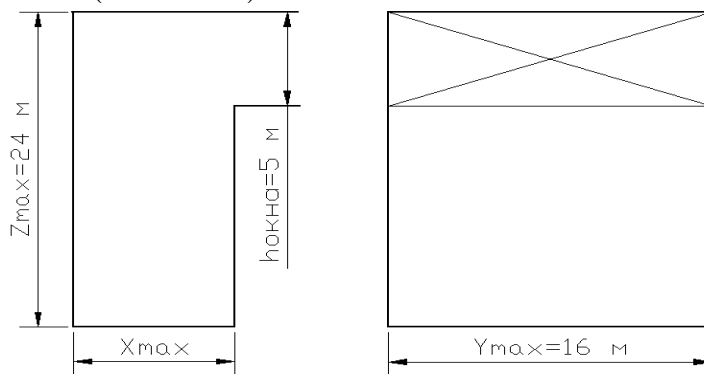


Рис. 1. Эскиз области моделирования.

Расход топлива V_p (уголь Ирша-Бородинского месторождения, $Q^r_i=15,7$ МДж/кг) изменялся пропорционально объему топки для обеспечения постоянства теплового напряжения топочного объема ($q_v=163$ кВт/м³):

$$V_p = q_v \times V / Q^r_i, \quad (4)$$

Расчеты выполнялись при заданной плотности объемного тепловыделения и при заданном профиле выгорания топлива по высоте топочной камеры β (в соответствии с требованием нормативного метода [4]).

Таблица 1.

N	1	2	3	4	5	6	7	8
X_{max} , м	4	6	8	10	12	14	16	18
S , м	5,1	6,6	7,8	8,8	9,6	10,3	10,8	11,3
V_p , кг/с	16,0	23,9	31,9	39,9	47,9	55,9	63,9	71,9

Подвод топлива и воздуха (с заданным избытком $\alpha_t=1,2$) был равномерным в горизонтальной плоскости, расположенной на уровне горелок.

На рис. 2 показана расчетная зависимость безразмерного поля температур на выходе из топочной камеры от безразмерной ширины топки ζ . Как видно из рис. 2, неравномерность температурного поля существенно возрастает при увеличении ширины топочной камеры.

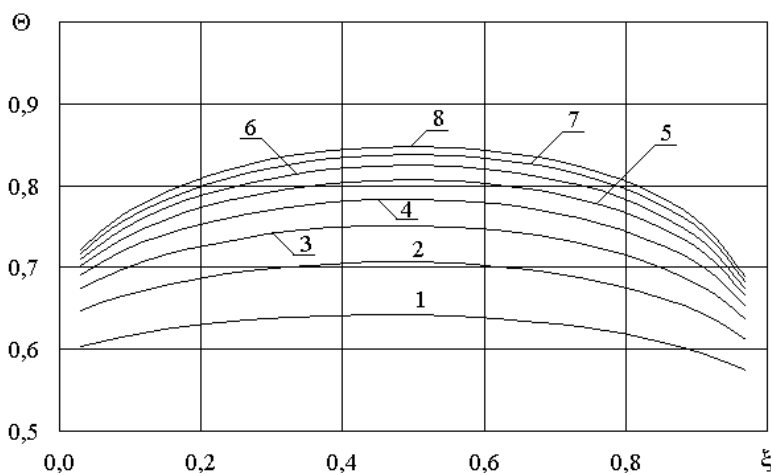


Рис. 2. Безразмерное температурное поле в зоне выходного окна.

Современные технические ресурсы позволяют выполнить более детальное моделирование топочной камеры с учетом трехмерного турбулентного течения газов при наличии полидисперсионной реагирующей твердой фазы. В дальнейшем предполагается повторить вышеприведенные расчеты с помощью современного математического пакета – FLUENT 6.1.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кистион К. А. Выбор методики и разработка программы расчета лучистого теплообмена для системы технической диагностики топки котла БКЗ-420-140, реконструированного на сжигание газа : Магистерская диссертация/ СПбГПУ - СПб., 2001. - 126 с.
2. Файвлэнд В.А. Решение трехмерного уравнения радиационного переноса методом дискретных ординат // Аэрокосмическая техника. – 1989. - №9. – С. 79 – 88.
3. Митор В.В. Теплообмен в топках паровых котлов. – М.: Машгиз, 1963. – 179 с.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). / Под ред. Н.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.