

УДК 536.46:532.517.4

А. С. АСКАРОВА, Е. И. ЛАВРИЦЕВА, С. А. БОЛЕГЕНОВА

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЙ СКОРОСТЕЙ И ДАВЛЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Исследовано влияние размеров сетки на результаты вычислительных экспериментов по моделированию процессов горения в топочной камере. Показано, что увеличение числа элементарных объемов слабо влияет на результаты численных расчетов.

При исследовании процессов тепломассопереноса в реальных объектах при наличии горения, к сожалению, только несколько простых, ограниченных случаев могут быть описаны простыми уравнениями или системой уравнений, которые могут быть решены аналитически. Как правило, большинство технологических процессов описываются сложной системой дифференциальных уравнений высокого порядка. Решение таких уравнений возможно только численно. В настоящее время использование численных методов в данном направлении становится более приемлемым и сложные задачи становятся более привлекательными и решаемыми. Из многочисленных преимуществ моделирования можно выделить прежде всего меньшую стоимость по сравнению с физическим экспериментом или измерением, возможность выполнения расчетов в более короткие сроки, чем трудно выполняемые эксперименты, которые могут привести к разрушению физической модели (взрывы, аварии).

При проведении вычислительных экспериментов по исследованию сложных физико-химических процессов одним из наиболее важных этапов является создание расчетной области. Правильный выбор размеров контрольных ячеек может существенно повлиять на результаты расчетов. В данной работе на основе численного решения системы уравнений описан процесс конвективного тепломассопереноса в камере сгорания реального энергетического объекта. В общем случае эта система записывается в виде

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho u_j \phi)}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right] + S_\phi,$$

Данная система уравнений с соответствующими начальными и граничными условиями описывает изменение обобщенной переменной f с

учетом трех составляющих (конвективный член, диффузионный член, источниковый/стоковый член) [1, 2].

Вычислительный эксперимент проводился для камеры сгорания котла ПК-39 Ермаковской ГРЭС (рис. 1).

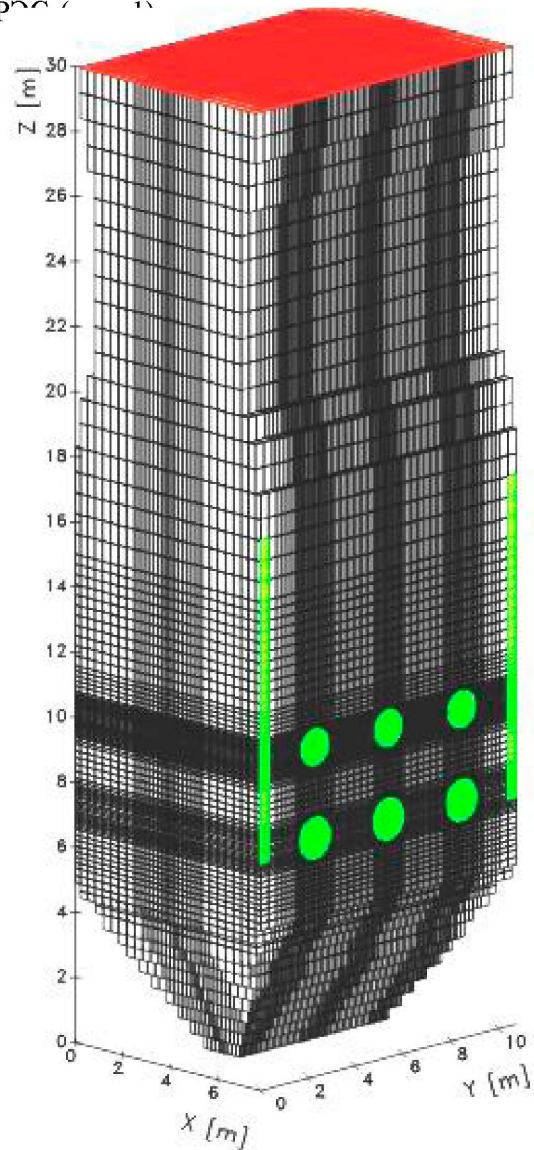


Рис. 1. Общий вид топочной камеры котла ПК-39 и разбивка ее на контрольные объемы

Для исследования влияния размеров сетки на результаты вычислительных экспериментов были созданы две вычислительные решетки, которые содержат 100 000 и 500 000 контрольных объемов. При создании расчетной сетки необходимо учитывать два условия: поверхности, которые не параллельны осям координат, должны быть приближены к форме шагов; при выборе размера сетки необходим компромисс между самым маленьким и самым большим размером.

Расчетная область для проведения вычислительных экспериментов и база данных для моделирования создаются в несколько этапов, с использованием программного комплекса PREPROZ [3]. В создаваемых файлах содержатся геометрические данные исследуемого процесса, начальные и граничные условия для моделирования процесса тепломассопереноса в реагирующих потоках. При помощи PREPROZ фор-

мируются содержащие исходную информацию базовые файлы, которые в дальнейшем используются в пакете программ FLOREAN [4]. Этот компьютерный пакет программ позволяет проводить сложные вычислительные эксперименты по моделированию реагирующих многофазных течений в областях реальной геометрии.

Уменьшение размеров контрольных ячеек, особенно в области расположения горелок, позволило исследовать влияние разбивки расчетной области на элементарные объемы на результаты численного эксперимента. При этом благодаря усовершенствованной компьютерной модели, с помощью которой проводились все вычислительные эксперименты в настоящей работе, время расчетов увеличивается незначительно.

В работе были рассчитаны поля скорости и давления по всему объему камеры сгорания для двух указанных выше сеток и исследовано влияние размеров элементарных объемов на резуль-

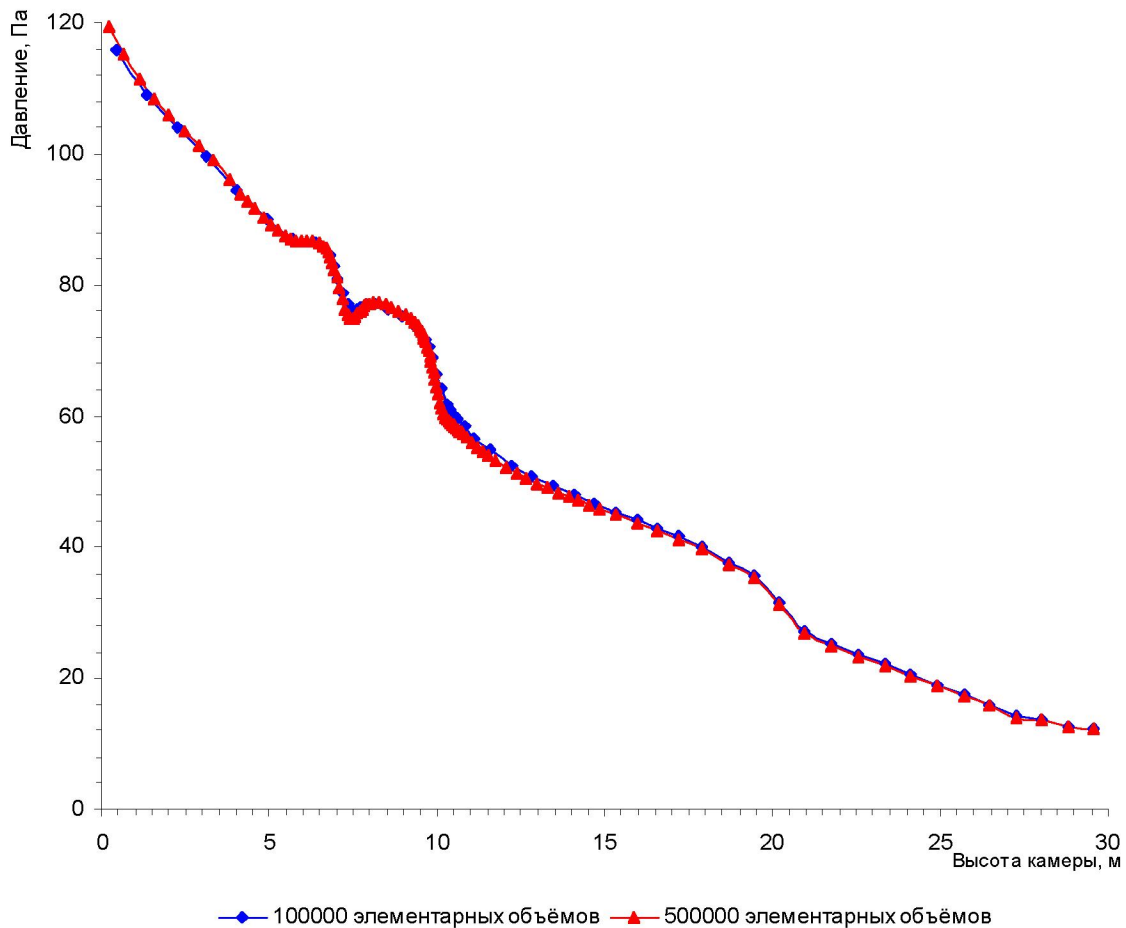


Рис. 2. Распределение давления по высоте камеры сгорания

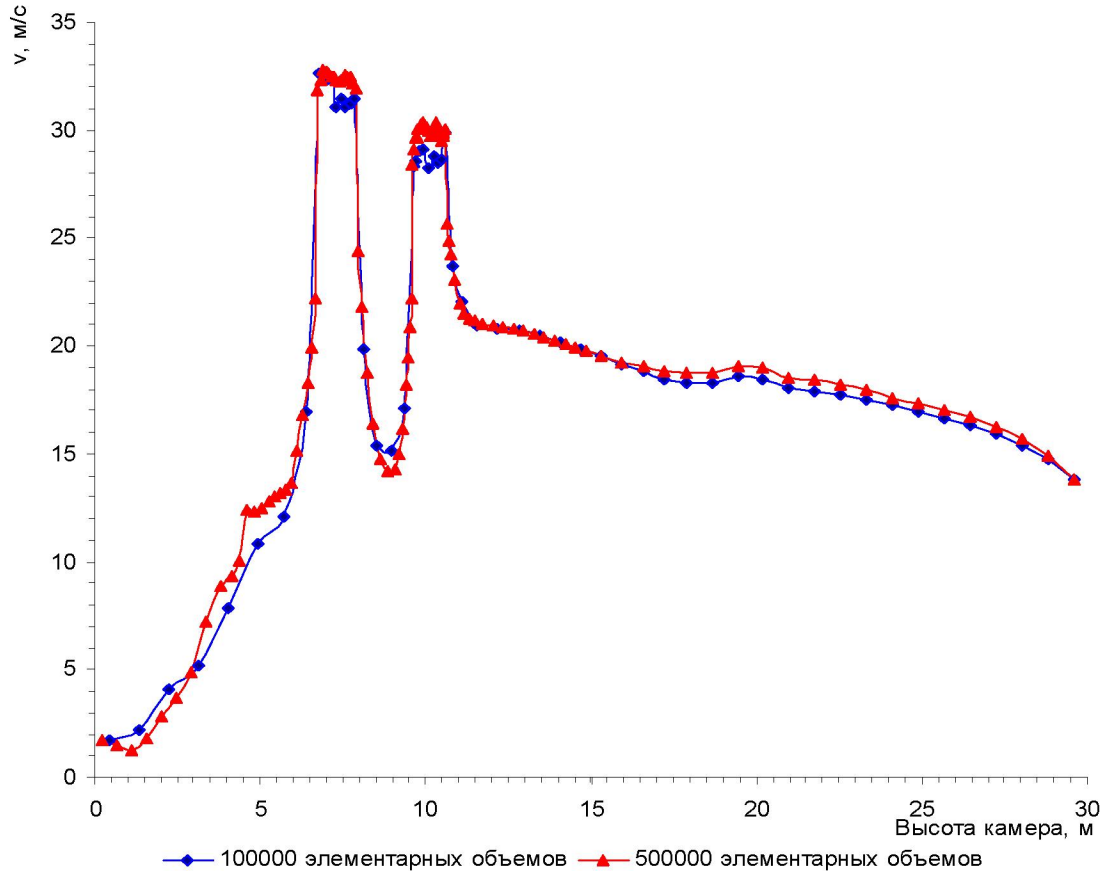


Рис. 3. Распределение скорости по высоте камеры сгорания

таты вычислительного эксперимента.

На рис. 2 представлено распределение давления по высоте камеры сгорания для двух исследуемых вариантов. Видно, что изменение размеров расчетной сетки практически не влияет на распределение средних значений давления. Как видно из рис. 2, наибольшее изменение давления происходит в области расположения горелок, т.е. в области подачи топлива и окислителя. По мере удаления от этой области горелок давление монотонно убывает, и на выходе среднее расчетное значение составляет величину $p \sim 25,4$ Па.

На рис. 3 приведено распределение полной скорости по высоте всей камеры сгорания. На данном графике можно наглядно определить местоположение горелок двух ярусов. В этой области скорости подачи топлива и воздуха достигают наибольших значений. По мере приближения к выходу скорость снижается. Сравнительный анализ расчетов с использованием расчетной области, содержащей 100 000 и 500 000

контрольных объемов, показывает, что изменение размеров сетки слабо влияет на результаты расчетов.

На рис. 4 представлены расчетные значения составляющей скорости U в сечении горелок нижнего яруса для двух расчетных сеток. Анализ данного графика показал, что для составляющей скорости U наблюдается симметричность в распределении потоков в данном сечении топочной камеры. При этом влияние уменьшения размеров элементарного объема практически не сказывается на расчетных значениях скоростей в этом сечении.

На основе полученной математической модели исследовано влияние размеров сетки на результаты вычислительных экспериментов по моделированию процессов горения в топочной камере.

Показано, что увеличение числа элементарных объемов практически не влияет на результаты численных расчетов. При этом, чем меньше число контрольных ячеек, тем меньше вре-

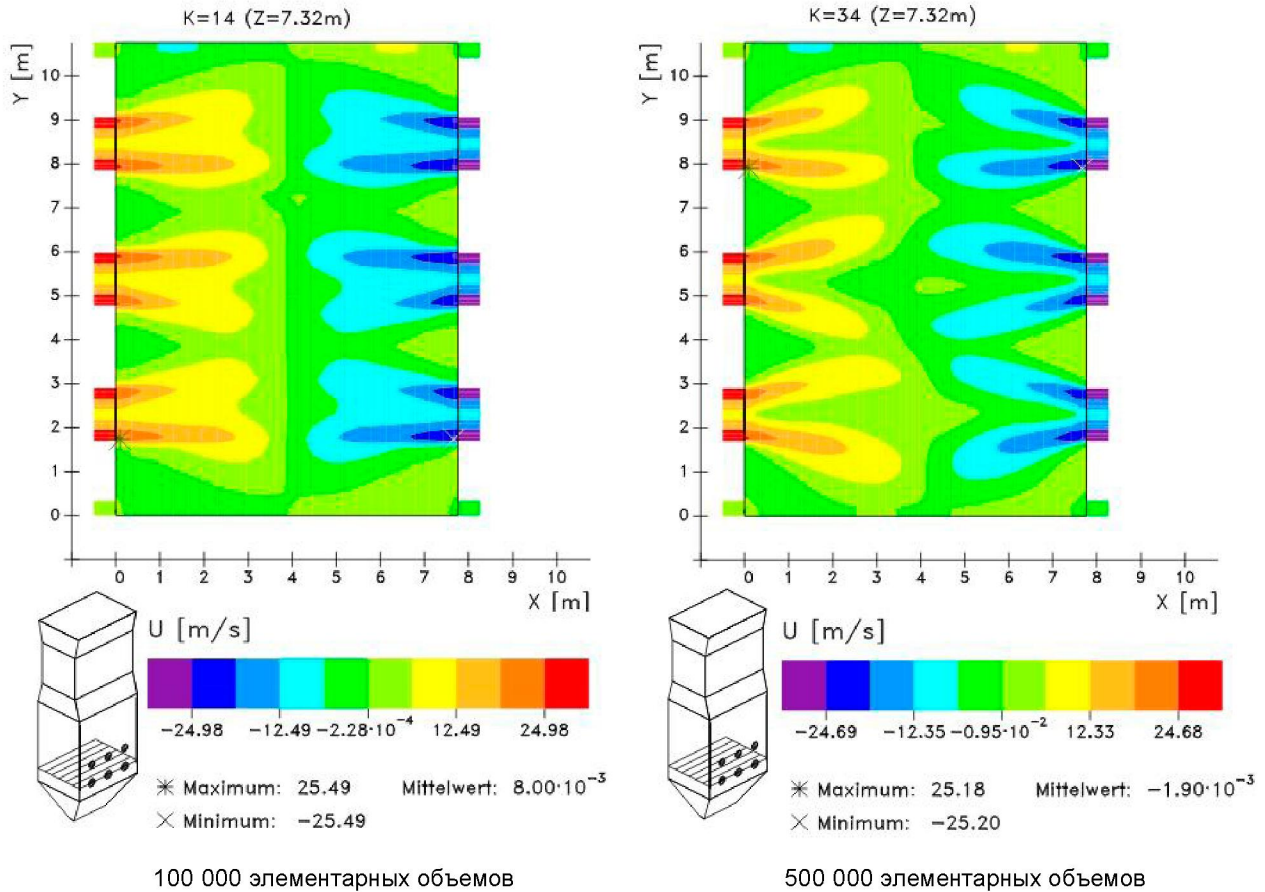


Рис. 4. Распределение составляющей скорости U в сечении горелок

мени необходимо для проведения расчетов и можно использовать менее мощные компьютеры. Это, в свою очередь, снижает затраты на проведение вычислительных экспериментов.

В дальнейшем планируется получить расчетные значения для других характеристик и провести сравнение с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскарлова А.С. Тепломассоперенос при сжигании твердого топлива в промышленных котлах на примере павлодарской ТЭЦ // Теплофизика и аэромеханика. Новосибирск, 2001. Т. 7, № 2. С. 293-300.

2. Аскарлова А.С., Лаврищева Е.И., Локтионова И.В. Численное исследование влияния избытка воздуха в камере сгорания на формирование вредных газовых выбросов // Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. 2005. № 6(244). С. 28-34.

3. Pauker W. Creating data sets for Florean using the tool PREPROZ, TU. – Braunschweig: IWBT, 1997. 3-24 s

4. Muller H. Numerische Berechnung dreidimensionaler turbulenter Strömungen in Dampferzeugern mit Wärmeübergang und chemischen Reaktionen am Beispiel des SNCR-Verfahrens und der Kohleverbrennung: Fortschritt-Berichte VDI-Verlag, 1992. Reihe 6, N268. 158 s.

Резюме

Жану камерасындағы жану процесін модельдеуде есептеу эксперименттерінің нәтижелерін торлардың өлшемдерінің әсеріне зерттеулер жүргізілді. Сандық есептеулер нәтижесінде аз мөлшерде әсер беретін элементар санның көлемдерінің көбеюі көрсетілген.

Summary

Investigation of influence of grid sizes on results of numerical experiments on modeling of combustion processes in furnace was carried out. It is shown, that the increase in number of elementary volumes shows not significant influence on results of numerical calculations.

Казахский национальный университет

им. аль-Фараби. г. Алматы

Поступила 28.12.06г.