

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS CFX ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА РОТАЦИОННОЙ ПЕЧИ

Я. И. Радькин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научные руководители: Т. М. Заяц, Л. Е. Ровин

Работа посвящена описанию технологии оценки характеристики ротационной печи для переработки диспергированных отходов на газовом топливе с использованием методов вычислительной гидродинамики.

Современная вычислительная гидродинамика занимается разработкой таких актуальных направлений, как расчет движений вязкой жидкости, численное исследование течений газа с физико-химическими превращениями, изучение распространения ударных волн в различных средах.

В наиболее общем случае для задачи газовой динамики требуется решить систему из четырех независимых уравнений, которая носит название системы уравнений Навье-Стокса: Уравнение неразрывности (сохранения массы), Уравнение количества движения (сохранения импульса), Уравнение энергии (сохранения энергии), Уравнение состояния.

Система уравнений Навье-Стокса образуют законченную математическую модель поведения жидкости (газа), детально и строго описывающую практически весь спектр течений.

Проведено численное моделирование аэродинамических процессов с учетом химических реакций. Расчетная область представляет собой рабочее пространство печи с полной загрузкой и газо-воздушной горелкой. Основным топливом является метан, в качестве окислителя применяется воздух в соотношениях 1/10. Диаметр горелки 280 мм, расход смеси 750 м<sup>3</sup>/ч.

В исследовании моделировались следующие процессы: горение газо-воздушной смеси, турбулентность в реагирующей среде, движение газового потока и лучистый теплообмен.

Была создана трехмерная геометрическая модель печи и сгенерирована расчетная сетка (290665 элементов (рис. 1)), после чего были заданы граничные условия.

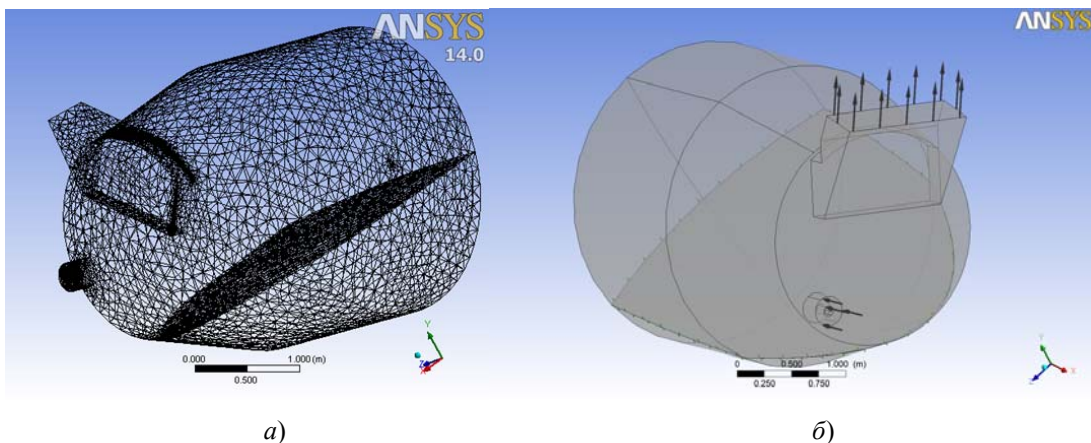


Рис. 1. Постановка задачи: а – расчетная сетка 290665 элементов;  
б – расчетная область

В качестве граничных условий были заданы объемные расходы топлива и окислителя на входе, а выходе из печи задан параметр свободного выхода (давление 101325 Па и температура 20 °С), для стенки был задан параметр адиабатическая стенка с учетом поверхностных напряжений трения. Шихтовой материал (окалина) задан как пористое тело.

Выбор в качестве граничных условий составляющих скорости (или объемного расхода) и статического давления на выходе является наиболее устойчивым для решения уравнений. Кроме того, для повышения устойчивости расчета было использовано граничное условие «свободный выход – Open», которое является менее жестким, чем условие «выход (принудительный) – Outlet».

Для течения использовалась  $k$ -я модель турбулентности, она зарекомендовала себя в задачах сильной кривизной линии тока, модель справедлива для полностью развитого турбулентного течения, т. е для высоких чисел Рейнольдса.

Для моделирования горения применялась модель Модель распада вихрей EDM, в основе которой лежит предположение о том, что химические реакции очень быстро переводят реагирующую смесь в равновесное состояние, скорость горения тогда лимитируется временем смешивания топлива и окислителя.

Согласно этой модели для инициации процесса горения достаточно, чтобы горючее и окислитель (обычно воздух) находились в одном контрольном объеме. Если предположить, что все компоненты реагирующей смеси смешиваются одинаково, то можно следить только за одной скалярной переменной, называемой переменной смешивания. Вычисляя эту величину, можно определить соотношения компонентов смеси.

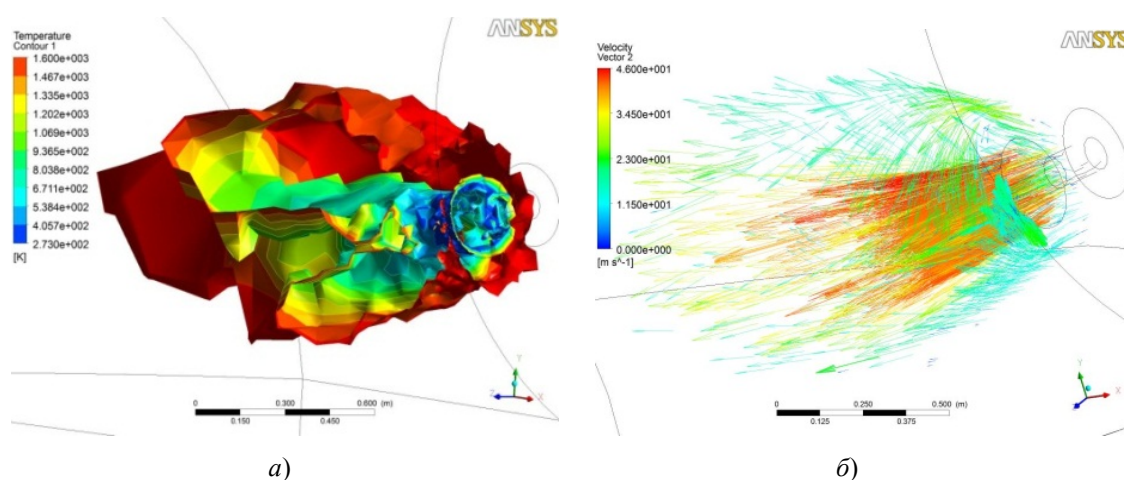


Рис. 2. Результаты моделирования процессов горения:  
*a* – структура турбулентного потока при горении; *б* – вектора линий тока на выходе из горелки

При горении смеси наблюдается увеличение скорости и турбулентности потока за счет увеличения объема и температуры смеси.

Результатами численного моделирования являются поля температур, скоростей, давлений, траектории движения потока, концентрации топлива, окислителя, продуктов реакции, а также конвективные и лучистые потоки.

Исходя из структуры потока в пространстве печи (рис. 3, *a*), можно заметить, что наблюдается петлеобразное движение газа, при котором нагретый поток будет вдвое больше находиться в рабочей зоне, увеличивая эффективность работы установки.

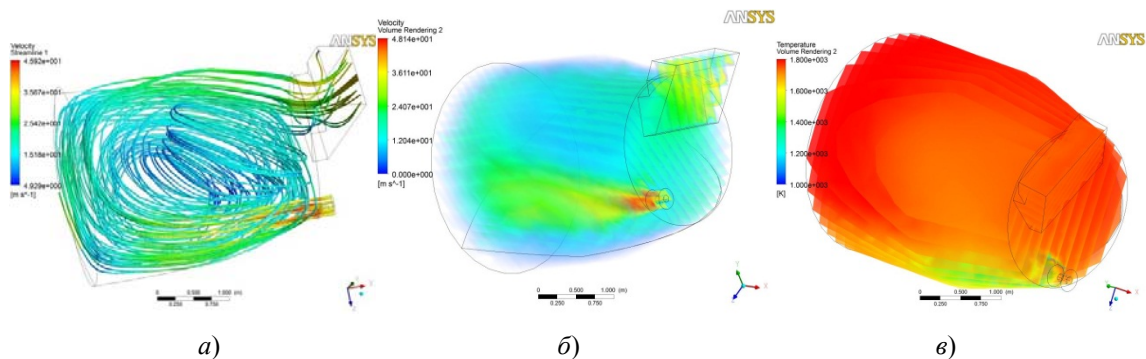


Рис. 3. Некоторые результаты по численному моделированию: а – структура течения потоков в печи; б – поля скоростей в объеме печи; в – поля температур в объеме печи

Скорость потока на входе составляет 35 м/с, на выходе из печи 19 м/с (рис. 3, б) снижение скорости происходит за счет уменьшения объема газо-воздушной смеси при ее остывании. Также можно увидеть распределение температур в объеме печи (рис. 3, в).

Компьютерное моделирование позволяет оптимально выбрать соотношения сечений входного и выходного отверстий, а также рационально определить расход газо-воздушной смеси, расположение горелки, для наиболее эффективной работы агрегата.

Благодаря использованию пакетов прикладных программ для исследования течения потоков и теплообмена, возможно, найти решения для улучшения эффективности работы различных установок, оценить эффективность разработанных конструкций и целесообразность их использования.