

Список литературы

1. Модорский В.Я., Соколкин Ю.В. Газоупругие процессы в энергетических установках. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 176 с.
2. Аэрогидроупругость конструкций / А.Г. Горшков [и др.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 592 с.
3. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа: Задачи гидроупругости. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 320 с.
4. ANSYS 12.1 Help.

П.В. Писарев, В.Я. Модорский, А.А. Писарева

Пермский государственный технический университет

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУИ ГОРЯЩЕГО ГАЗА С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОПРОЦЕССОРНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПГТУ

Эксплуатация газовых горелок зачастую связана с большими тепловыми потерями. Избежать этого можно, изолировав нагревающую установку. Вместе с тем необходимо предотвратить перегрев стенок изолирующей конструкции при ее взаимодействии с газовым потоком. Устранение прогара и повышение качества таких конструкций требует уточнения методик расчета, комплексного учета особенностей рабочего процесса. При этом требуется решение проблемы в связанной постановке. В то же время решение сопряженных задач требует вычислительных ресурсов большой мощности. Данная задача реализована на кластере Пермского государственного технического университета имеющего следующие характеристики:

64 вычислительных узла;

128 четырех ядерных процессоров «Барселона-3» (всего 512 ядер);

пиковая производительность 4,096 Тфлоп;

производительность в тестовом пакете Linpack 78 %;
объем системы хранения информации 12 ТБ;
объем оперативной памяти 512 Гб (8 Гб/узел);
В ходе расчетов использовались:
16 ядер для расчета гидрогазодинамической части задачи;
16 ядер для расчета НДС металлической пластины.

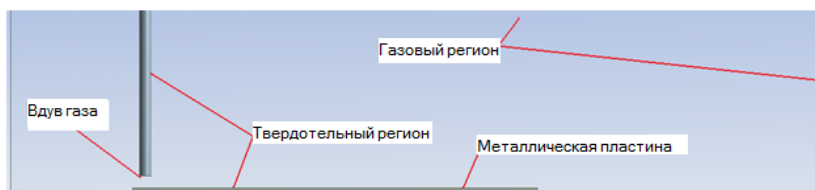


Рис. 1. Граничные условия на твердотельной модели

Моделирование производилось в многопроцессорном инженерном пакете ANSYS CFD (FLUENT, ANSYS Mechanical).

Твердотельная модель разработана в пакете Solid Works 2009 (рис. 1). Геометрическая модель представляет собой твердотельный канал газовой горелки, ось которого направлена на металлическую пластину. Ограничивающая область представляет собой параллелепипед и является расчетной областью газовой фазы. Поверхность пластины, соприкасающаяся с газом, образует интерфейс взаимодействия двух сред.

Расчетная сетка представляет собой совокупность гексаэдральных расчетных элементов, адаптированных в районе взаимодействия двух сред. Количество элементов расчетной сетки равно 1 200 000 элементов. Изображение расчетной сетки твердого тела представлено на рис. 2. Изображение сетки для жидкой фазы представлено на рис. 3. Для достижения сходимости расчета размерность расчетных элементов твердотельной расчетной области и области жидкой фазы одинаковы.

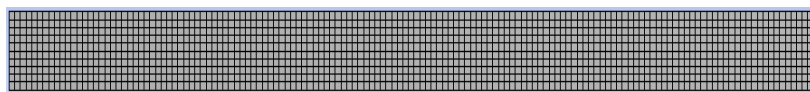


Рис. 2. Изображение расчетной сетки в плоскостях X0Y
для твердотельного региона

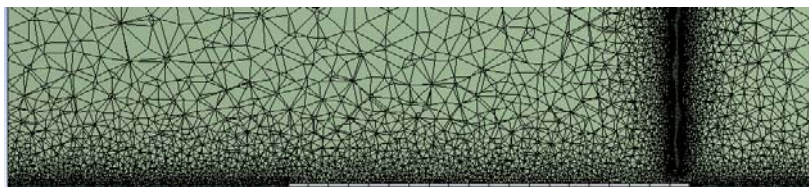


Рис. 3. Изображение расчетной сетки для жидкости

В данном расчете модель горения была заменена постоянным вдувом газа, с постоянными давлением и температурой на срезе горелки. В качестве математической модели была выбрана модель несжимаемой жидкости. Она позволяет исследовать течение вязкой жидкости при малых изменениях плотности и небольших числах Рейнольдса, $Re < 10^4$. Предполагается, что изменения плотности обусловлены температурными или агрегатными неоднородностями.

Так как допустимые деформации материалов могут составлять сотни процентов, нельзя пренебрегать квадратом величины деформации. Для решения задач механики использовалось динамическая постановка с учетом динамической нелинейности описания материала резины.

Для моделирования теплообмена между твёрдой пластиной и газовой средой задавались модели теплопроводности (для твёрдого тела), конвекции (для газового потока), теплового излучения (лучеиспускание с поверхности твердого тела).

В ходе расчета получены поля распределения температуры на поверхности твердых тел (рис. 4). Из рис. 4 видно, что область максимальных температур возникает в пространстве между горелкой и пластиной и на поверхности пластины. Температура убывает по мере удаления от оси горелки.

На рис. 5. изображено распределение температур в плоскости XOZ , проходящей через ось канала горелки и вдоль пластины в момент времени $t = 1$ с. Максимальный нагрев наблюдается в области прямого соударения струи газа и металлической пластины.

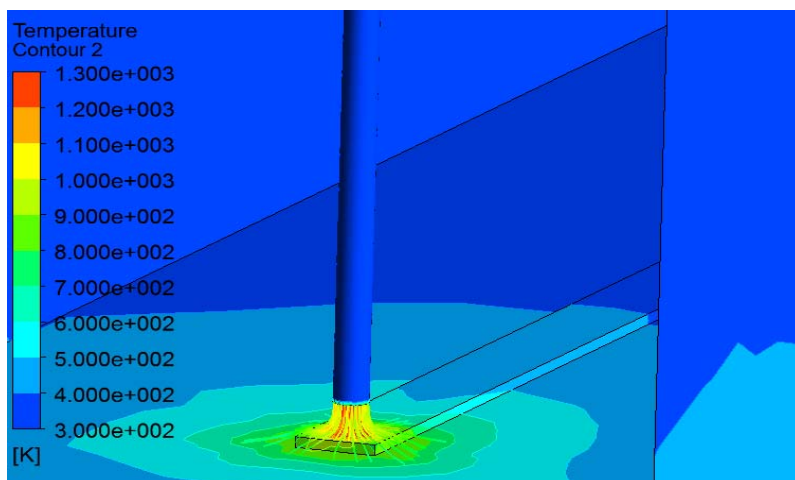


Рис. 4. Распределение температур по поверхностям твердых тел

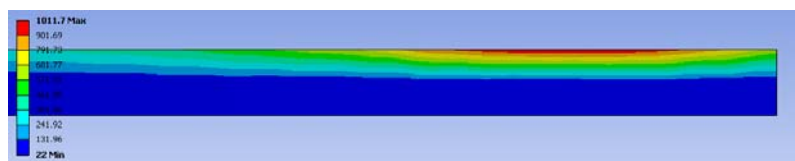


Рис. 5. Распределение температур в твердом теле (плоскость X0Z)

На рис. 6. изображено распределение нормальных напряжений по поверхности пластины в момент времени $t=1\text{с}$. Видно, что высокие напряжения наблюдаются в районе торцов вблизи прямого контакта струи газа с пластиной. В зоне контакта наблюдается область низких напряжений.

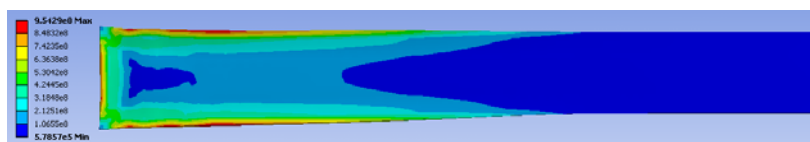


Рис. 6. Распределение нормальных напряжений по поверхности пластины

При проведении численных расчетов был разработан алгоритм моделирования в ANSYS FLUENT и ANSYS Thermal связанных задач теплопередачи идеальным газом применительно к классу тонкостенных конструкций.

Список литературы

1. Модорский В.Я., Соколкин Ю.В. Газоупругие процессы в энергетических установках. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 176 с.
2. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа: Задачи гидроупругости. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 320 с.
3. ANSYS 12.1 Help.

О.В. Пищулина, В.Я. Модорский

Пермский государственный технический университет

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ОПРАВКИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ НАМОТКИ ТРУБ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Создание высокотехнологичных производств связано с разработкой перспективных технологических установок. Предлагается создание современного производства труб из композиционных материалов с использованием подвижных оправок для непрерывной намотки. Их применение позволит добиться снижения стоимости изделий до уровня стоимости традиционных стальных труб за счет повышения производительности и снижения стоимости оборудования. При этом сохраняются все достоинства композиционных труб: долговечность, легкость, коррозионная стойкость.

Разработка новой конструкции оправки проводится в ходе вычислительного эксперимента. Базовый вариант оправки показан на рис. 1.